



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA TRACKER COMO  
HERRAMIENTA DE ANÁLISIS EN ALGUNAS SITUACIONES DE  
CINEMÁTICA Y DINÁMICA EN DOS DIMENSIONES, APLICANDO  
EL MÉTODO DE APRENDIZAJE ACTIVO**

**HÉCTOR BAYARDO GÓMEZ FONSECA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2016**



**IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA TRACKER COMO  
HERRAMIENTA DE ANÁLISIS EN ALGUNAS SITUACIONES DE  
CINEMÁTICA Y DINÁMICA EN DOS DIMENSIONES, APLICANDO  
EL MÉTODO DE APRENDIZAJE ACTIVO**

**HÉCTOR BAYARDO GÓMEZ FONSECA**

**Trabajo final presentado como requisito para optar al título de:  
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

**Jairo Alexis Rodríguez López  
Doctor en Física**

Línea de Investigación:

**Procesos Educativos y Comunicativos: Practicas Pedagógicas**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2016



*A mi esposa, Dalia Teresa, por motivarme e inspirarme en cada momento, por ser su voz de aliento en esta nueva meta.*

*A mi hijo, Ángel David, por comprenderme en mis horas de estudio, y ser yo, su ejemplo a seguir.*

*A mis padres, María Fonseca y Buenaventura Gómez, por educarme y enseñarme, a ser un buen hombre.*

*A Dios, por mostrarme su obra creadora y tratar de comprenderla por medio de la Física.*



## **Agradecimientos**

Agradezco de manera muy especial al profesor Jairo Alexis Rodríguez López por sus asesorías, orientaciones, enseñanzas y colaboración en el desarrollo del presente trabajo. También por su valioso aporte, con sus amplios conocimientos, a mi formación personal y pedagógica.

A la institución educativa Liceo Femenino “Mercedes Nariño” por la utilización de materiales de laboratorio y tecnológicos y sus instalaciones, para desarrollar la labor de campo.

A las estudiantes de grado decimo 2015, jornada mañana, por desarrollar las diferentes actividades propuestas, en especial a María Paula Dávila Ariza, del curso 1003, por ser una líder positiva y trabajar de manera responsable y colaborativa con sus compañeras.

A los docentes que colaboraron en la encuesta propuesta, con sus valiosos aportes sobre la enseñanza y diferentes metodologías que aplican en sus clases de física.





# Contenido

	<b>Pág.</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>X</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
 <b>Capítulo 1. Marco de referencia.....</b>	 <b>3</b>
1.1 Estructura de los estándares para Ciencias Naturales y Educación ambiental.....	3
1.1.1 Ejes articulados de las ideas científicas.....	3
1.1.2 Ejes articuladores de los procedimientos científicos.....	5
1.1.3 Situaciones de aprendizaje y practica.....	6
 <b>Capítulo 2. Fundamentación disciplinar.....</b>	 <b>8</b>
2.1 Desplazamiento.....	9
2.2 Velocidad.....	11
2.2.1 Interpretación grafica de la velocidad.....	12
2.3 Aceleración.....	13
2.4 Diagramas de movimiento.....	14
2.5 Movimiento rectilíneo uniforme (MRU).....	16
2.6 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA).....	17
2.7 Movimiento parabólico.....	19
2.8 Cantidad de movimiento.....	20
 <b>Capítulo 3. Fundamentación pedagógica .....</b>	 <b>23</b>
3.1 La enseñanza de la Física.....	23
3.1.1 ¿Cómo aprenden Física los estudiantes?.....	23

3.1.2	¿Para qué se enseña Física en el bachillerato?.....	24
3.1.3	¿Qué es un problema?.....	24
3.1.4	Resolución de problemas.....	24
3.2	El Liceo Femenino “Mercedes Nariño”.....	25
3.3	El currículo para Ciencias Naturales en el Liceo Femenino.....	25
3.4	El aprendizaje activo.....	25
3.4.1	“Pasos” sugeridos en el aprendizaje activo.....	27
3.5	El programa Tracker.....	28
<b>Capítulo 4. Experimentación.....</b>		<b>29</b>
4.1	Aplicando el aprendizaje activo: Tres guías de laboratorio (para las estudiantes) .....	30
4.2	Cuestionario (para profesores).....	36
4.3	Análisis de resultados.....	36
4.3.1	Por parte de las estudiantes.....	36
4.3.2	Por parte de los docentes.....	37
4.4	Implementación del programa Tracker.....	38
4.4.1	Con la primera practica de laboratorio (“Rebotar y rebotar”).....	38
4.4.2	Con la segunda practica de laboratorio (“¿Cómo en un columpio?”).....	41
4.4.3	Con la tercera practica de laboratorio (“Montando bici”).....	43
<b>5. Conclusiones y recomendaciones.....</b>		<b>45</b>
5.1	<b>Conclusiones.....</b>	<b>45</b>
5.2	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>46</b>
<b>Anexo A: Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales de grado décimo a undécimo.....</b>		<b>47</b>
<b>Anexo B: Manejo del programa Tracker.....</b>		<b>48</b>
<b>Anexo C: Cuestionario para docentes.....</b>		<b>54</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>56</b>

## Resumen

Desde hace ya varias décadas, la enseñanza y el aprendizaje han cambiado la forma de comprender y transmitir un determinado conocimiento. El profesor no puede ser el único agente emisor de conocimiento, por lo cual el Método de Aprendizaje Activo, permite que el estudiante sea el eje principal del conocimiento. Además las nuevas tecnologías se han apoderado del mundo, cambiando la forma de “verlo”. La Física y la enseñanza de la misma, no han sido ajenas a estos cambios; los nuevos programas informáticos se incorporan a la educación y para este trabajo en particular a las Ciencias Naturales para ayudarla significativamente. Un ejemplo de esto es el software Tracker, el cual permite al profesor y especialmente a los estudiantes, analizar y comprender mucho más fácil, por medio de videos reales (de su cotidianidad), tomados de prácticas de laboratorio y realizadas por los propios estudiantes, relacionando con experimentos de mecánica, diferentes variables físicas como posición, velocidad y aceleración por medio de sus respectivos gráficos.

Palabras claves: Enseñanza, Profesor, Aprendizaje Activo, Estudiante, Física, Tracker, Experimento.

## Abstract

For several decades, the teaching and learning have changed the way we understand and convey a certain knowledge. The teacher can not be the sole issuing agent of knowledge, therefore, the active learning method allows the student is the main hub of knowledge. In addition, new technologies have taken over the world, changing the way we “seeing”. Physical and teaching it, changes; the new software are incorporated into education and this work in particular natural science to help significantly. An example of this is the Tracker software, which allows teachers and especially the students, analyze and understand a lot easier, through actual videos, this videos are taken from laboratory practices and the students themselves, experiments related to mechanics, different physical variables such as position, velocity and acceleration through their respective graphs.

Keywords: Teaching, Professor, Active Learning, Student, Physics, Tracker, Experiment.

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 2-1:</b> Representación gráfica del desplazamiento.....	9
<b>Figura 2-2:</b> Grafica de una camioneta que viaja a la derecha.....	10
<b>Figura 2-3:</b> Grafica de una camioneta que viaja a la izquierda.....	10
<b>Figura 2-4:</b> Grafica de la posición en función del tiempo.....	12
<b>Figura 2-5:</b> Diagramas de movimiento de un automóvil que se deslaza.....	15
<b>Figura 2-6:</b> Representación para el MRU.....	16
<b>Figura 2-7:</b> Representación gráfica para el MRU.....	17
<b>Figura 2-8:</b> Grafica donde se representa el cambio de velocidad.....	18
<b>Figura 2-9:</b> Representación gráfica para el MRUA.....	18
<b>Figura 2-10:</b> Grafica del movimiento parabólico.....	19
<b>Figura 2-11:</b> Colisiones entre dos cuerpos.....	21
<b>Figura 3-1:</b> Pirámide de aprendizaje activo relacionando el aprendizaje pasivo.....	26
<b>Figura 4-1:</b> Video en formato Tracker y análisis de variables con el programa Tracker.....	38
<b>Figura 4-2:</b> Graficas de distancia en el eje X y el eje Y contra tiempo y sus respectivos valores numéricos.....	39
<b>Figura 4-3:</b> Grafica, valores de alturas para el eje X, el eje y, velocidad y las gráficas correspondientes para tres golpes del baloncito.....	40
<b>Figura 4-4:</b> Disposición experimental y análisis del programa Tracker.....	42
<b>Figura 4-5:</b> Representación por medio del programa Tracker, para el movimiento de un péndulo, para las variables posición (X), aceleración ( $a_x$ ) y velocidad ( $v_x$ )....	42
<b>Figura 4-6:</b> Imagen del video en formato Tracker y su respectivo análisis gráfico con el mismo programa.....	43
<b>Figura 4-7:</b> Análisis por medio del programa Tracker, de la posición (X), velocidad (v) y aceleración (a).....	44

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1-1:</b> Ejes articuladores de las ideas científicas de las Ciencias Naturales.....	5
<b>Tabla 1-2:</b> Ejes articuladores de las ideas científicas para grado decimo en Física.....	7
<b>Tabla 2-1:</b> Posiciones de un corredor en instantes específicos.....	12
<b>Tabla 2-2:</b> Valores de $\Delta t$ , $\Delta x$ y $v$ .....	13
<b>Tabla 2-3:</b> Ecuaciones del movimiento parabolico.....	20
<b>Tabla 3-1:</b> Diversas estrategias para resolver problemas.....	24
<b>Tabla 3-2:</b> Comparación entre el aprendizaje tradicional (pasivo) y el aprendizaje activo.....	27
<b>Tabla 4-1:</b> Primera guia para la practica de laboratorio-individual.....	30
<b>Tabla 4-2:</b> Segunda guia para la practica de laboratorio-individual.....	32
<b>Tabla 4-3:</b> Tercera guia para la practica de laboratorio-individual.....	34
<b>Tabla 4-4:</b> Resultados en forma general de las 130 estudiantes.....	36
<b>Tabla 4-5:</b> Datos representativos con un solo golpe del baloncito.....	39
<b>Tabla 4-6:</b> Datos representativos con dos golpes del baloncito.....	40
<b>Tabla 4-7:</b> Datos representativos para tres golpes del baloncito.....	41

# Introducción

El ser humano tiene una gran capacidad de transmitir conocimientos y experiencias, lo cual le ha dado una gran ventaja, la de enseñar y aprender constantemente. Pero esto no necesariamente implica que esta actividad sea simple, no es fácil realizarla. De esta manera, una adecuada organización de la enseñanza no garantiza un buen aprendizaje, ya que este depende, en última instancia, de los factores internos del sujeto que aprende, como su nivel cognitivo, motivación, que condicionan el efecto favorable o no de la enseñanza. Enseñar y aprender aunque no son sinónimos, más bien se trata de dos facetas complementarias de la evolución de los seres humanos.

En el aprendizaje de las Ciencias juegan un papel fundamental las ideas previas de los alumnos por lo que es necesario profundizar en sus estructuras cognitivas para enriquecerlas y reorganizarlas. El punto de partida es la toma de conciencia y la explicitación de las relaciones entre los modelos interpretativos que les proporciona la Ciencia y sus propias concepciones alternativas (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Este aprendizaje involucra el desarrollo de diferentes capacidades que se relacionan con tres tipos de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales. Todos ellos forman un cuerpo de conocimientos y que no deben enseñarse por separado. Por esta razón no podemos aislarlos a la hora de planificar la enseñanza y de averiguar acerca de los conocimientos y dificultades de los alumnos en relación a una temática determinada. Es a partir de cada contenido conceptual específico de una disciplina científica que se pueden y se deben trabajar los diferentes cambios procedimentales, actitudinales y conceptuales.

La enseñanza de la física debe generar conocimientos y saberes propios que acerquen a los estudiantes en la construcción de conocimientos y la comprensión y explicación de los fenómenos físicos naturales, para su vida cotidiana, por medio de estrategias pedagógicas variadas; se propone entonces, en este trabajo el análisis de tres situaciones experimentales entre cinemática y dinámica, donde el estudiante interactúe y analice, tanto individual como grupalmente un determinado evento físico por medio de la práctica de laboratorio, aplicando el método de aprendizaje activo e implementando el programa tracker como una herramienta de ayuda en la adquisición o afianzamiento de su conocimiento.

Para lograr esta meta, se analizarán una serie de instancias de diagnóstico<sup>1</sup>, tanto para estudiantes y docentes. Para los estudiantes, se proponen a las 130 estudiantes de grado decimo, en edades de 15 a 17 años, de la Institución Educativa Distrital “Liceo Femenino Mercedes Nariño”, jornada mañana, de la ciudad de Bogotá, ubicado en la Avenida Caracas 23-24 sur, de la localidad 18 (Rafael Uribe Uribe); situaciones experimentales, para trabajar contenidos relacionados con mecánica clásica (cinemática y dinámica). Donde el interés será indagar acerca de las dificultades conceptuales y procedimentales más frecuentes que presentan las estudiantes en este tema. Para los docentes, de física concretamente (20 de varias instituciones<sup>2</sup> tanto privadas como públicas), se expondrán las diferentes formas de abordar por parte de ellos, determinadas situaciones temáticas por medio de un cuestionario.

Por otro lado, se abordará la implementación de nuevas herramientas tecnológicas que se presentan ahora, y apoyándose en software libres, los maestros, podrán hacer clases más atractivas para los estudiantes y es por eso que se tendrá una “excusa” para poder analizar experimentos desde un programa de computador, *Tracker*, donde visualizará las variables físicas, gráficos y tabulaciones de una manera fácil y donde se compare lo realizado en el método de aprendizaje activo con los resultados obtenidos por el programa, donde lo importante como se ha dicho es el análisis que da la estudiante para comprender el experimento planteado.

---

<sup>1</sup> Guías de laboratorio, aplicando el método de aprendizaje activo para las estudiantes (antes y después del programa Tracker) y para los docentes, un cuestionario con su quehacer pedagógico.

<sup>2</sup> De los cuales 10, son estudiantes de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia.



# Capítulo 1. Marco de referencia

## 1.1 Estructura de los estándares para Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Los estándares para Ciencias Naturales y Educación Ambiental representan el desempeño esperado de los estudiantes según su nivel y grado de formación. Éste relaciona los ejes articuladores de las ideas científicas, los procedimientos básicos de la ciencia en cada nivel de educación y las situaciones en las cuales se espera que los estudiantes desarrollen y pongan en práctica dichas ideas y procedimientos<sup>3</sup>.

### 1.1.1 Ejes articuladores de las ideas científicas

Los ejes articuladores son una forma de organizar las ideas, los conceptos, los principios y las teorías centrales de las ciencias naturales, pertinentes a cada nivel de formación escolar. En general, dichas ideas se articulan alrededor de tres grandes líneas: procesos biológicos, procesos químicos y procesos físicos; para el presente trabajo solamente se tendrá en cuenta el proceso físico, dado que es el eje fundamental, el cual se abordará con diferente complejidad en cada nivel de aproximación, exploratorio, diferencial o disciplinar.

- **Nivel exploratorio:** en este nivel los estudiantes construyen explicaciones, plantean y realizan experimentos, y expresan sus ideas sobre ellos mismos y sobre su entorno. Los estudiantes describen de forma gradual y cualitativa características, relaciones, cambios, regularidades, jerarquías y estructuras en procesos físicos de su entorno. En este nivel los análisis cualitativos involucran la inclusión gradual de categorías de las ciencias para hacer descripciones simples, agrupamiento de objetos, establecimiento de relaciones de orden o establecimiento de relaciones simples de causa-efecto.

---

<sup>3</sup> Planteado por el Ministerio de Educación Nacional, en el documento de Estándares para la Excelencia en la Educación (2002).

- **Nivel diferencial:** en este nivel los estudiantes construyen explicaciones y predicciones para hacer distinciones más finas dentro del proceso físico. Las herramientas de formalización que incluyen elementos cualitativos y cuantitativos, exigen una mayor conceptualización y el establecimiento de relaciones entre varias ideas y procedimientos científicos. Los análisis cuantitativos involucran esquemas de proporcionalidad directa e inversa, relaciones funcionales y relaciones de multicausalidad entre las variables consideradas en una situación. Los análisis cualitativos comprenden el uso de un lenguaje más preciso y riguroso que el utilizado en el nivel anterior.
- **Nivel disciplinar:** en este nivel los estudiantes reconocen las disciplinas científicas como formas de conocer y de aproximarse a diferentes problemas; asimismo identifican las relaciones y particularidades de cada una de ellas, entienden los planteamientos centrales y axiomas de cada campo teórico y se familiarizan con los procedimientos particulares de experimentación y los ponen en práctica en diferentes situaciones. El esquema de formalización en este nivel es de mayor complejidad, el cual se expresa en la rigurosidad y la profundidad de las herramientas conceptuales, los procedimientos involucrados y el lenguaje utilizado.

En los procesos físicos, las ideas y los conceptos articuladores en el nivel exploratorio pretenden dar respuesta a la pregunta ¿cómo se mueven, cómo se oyen y cómo se ven los objetos del entorno? Se desarrolla la idea de fuerza como interacción. En el nivel diferencial las ideas articuladoras se orientan hacia la identificación de relaciones y transformaciones en los sistemas físicos, lo cual involucra relaciones fuerza-movimiento, relaciones tiempo-espacio y relaciones interacción –conservación en un sistema físico. Las ideas trabajadas en los niveles exploratorio y diferencial sirven como base para el estudio más formal y riguroso de los diversos referentes teóricos de la física en la educación media. Dichos referentes son la mecánica clásica de partículas y la termodinámica, para el caso de grado decimo, y los fenómenos ondulatorios y el electromagnetismo para el caso de grado undécimo.

En la tabla 1-1 se presentan las ideas articuladoras para cada nivel de aproximación al estudio de las ciencias naturales y educación ambiental, relacionando los procesos biológicos, químicos y físicos.

**Tabla 1-1:** Ejes articuladores de las ideas científicas de las ciencias naturales y educación ambiental para cada nivel de educación

Proceso	Nivel exploratorio	Nivel diferencial	Nivel disciplinar
Biológico	¿Cómo son los seres que nos rodean? Estructura y función. Relaciones y adaptación.	Organización y diversidad de los sistemas biológicos. Niveles de organización biológica: celular, orgánico y ecosistémico.	La Biología como ciencia: Microbiología, Bioquímica y diversidad.
Químico	¿Cómo son las cosas que nos rodean? Características macroscópicas y cambios.	Cambios y conservación en los materiales cuando interactúan. Características macroscópicas. Estructura interna. Materiales en interacción.	La Química como ciencia: Fisicoquímica y Química analítica de elementos, compuestos y mezclas.
Físico	¿Cómo se mueven, cómo se ven, como se oyen las cosas a mí alrededor? Situaciones en el espacio y el tiempo; fuerza como interacción.	Relaciones y transformaciones físicas: relaciones fuerza-movimiento, tiempo-espacio, interacción-conservación.	La Física como ciencia: Mecánica de partículas y termodinámica. Fenómenos ondulatorios y electromagnetismo.

Fuente: Ministerio de Educación Nacional: Estándares para la excelencia en la Educación (2002)

### 1.1.2 Ejes articuladores de los procedimientos científicos

Los ejes articuladores permiten organizar los procedimientos básicos, pues con ellos es posible abordar situaciones-problema en ciencias naturales; además, son transversales a todas las etapas de formación y configuran los elementos básicos del trabajo científico que son pertinentes y relevantes para la educación formal.

- **Construcción de explicaciones y predicciones:** El proceso de construir explicaciones y predecir es un eje articulador del proceso de elaborar conocimiento en ciencias naturales y, por ende, básico dentro de la formación escolar. Éste involucra prácticas como interpretar escritos científicos; describir situaciones; identificar características pertinentes para el análisis de un problema, de una situación o de un fenómeno; establecer relaciones entre variables; así como plantear, argumentar y contrastar hipótesis. El grado de elaboración, complejidad e interpretación de las explicaciones y predicciones tienen como base la comprensión de las ideas centrales de las ciencias naturales previstas para cada etapa de formación.

- **Trabajo experimental:** configura el referente concreto de las ciencias naturales, lo cual involucra plantear un entorno experimental, obtener y evaluar indicios, usar e interpretar información y utilizar adecuadamente instrumentos de medición. El grado de profundidad y complejidad del trabajo experimental está acorde con el de aproximación al estudio de las ciencias naturales en cada etapa escolar.
- **Comunicación de ideas científicas:** Un tercer eje articulador es el proceso de comunicación de ideas científicas, el cual configura los procesos con los que se explica el conocimiento en ciencias naturales. Este eje involucra desempeños como la presentación oral y escrita de análisis, resultados, explicaciones o predicciones, que muestran indicios y utilizan categorías y lenguaje científico, con un grado de complejidad acorde con la aproximación al estudio de las ciencias en cada etapa escolar.

### 1.1.3 Situaciones de aprendizaje y práctica

Se refieren estas situaciones de aprendizaje y practica a los contextos o entornos problema en los cuales se espera que el estudiante ponga en acción los procedimientos e ideas básicas de las ciencias. Se han clasificado dichas situaciones en tres categorías: cotidianas, novedosas y ambientales.

- **Situaciones cotidianas:** hacen referencia a los problemas, fenómenos o situaciones recurrentes en la cotidianidad de los estudiantes y en las cuales tienen sentido realizar un estudio o un análisis a partir de los elementos conceptuales y procedimentales de las ciencias naturales. Esta categoría pretende recalcar el sentido de las ciencias naturales en la vida de cualquier persona y en el desarrollo de su capacidad para analizar y criticar lo que sucede a su alrededor.
- **Situaciones novedosas:** configura todos aquellos problemas, situaciones o fenómenos en los cuales, aun cuando los estudiantes no estén familiarizados, construyen explicaciones y predicciones o desarrollan estudios experimentales, colocando en práctica lo que han aprendido de ciencias naturales.
- **Situaciones ambientales:** estas situaciones pueden ser novedosas o cotidianas. Su característica fundamental es que hacen referencia a las problemáticas que involucran relaciones entre la ciencia, la sociedad y el entorno natural, como por ejemplo, la contaminación del agua, el impacto de la electricidad y la luz en la sociedad son algunas de las situaciones ambientales.

Se presenta a continuación en la tabla 1-2 una descripción general sobre los estándares sugeridos para el grado decimo en Física, sobre Mecánica Clásica, dado que es el nivel y asignatura de estudio planteado.

**Tabla 1-2:** Ejes articuladores de las ideas científicas para grado décimo en Física

Proceso	Décimo (Mecánica clásica)
Físico: La Física como ciencia Mecánica de partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Descripción de los cambios de un sistema: relaciones entre posición, velocidad y aceleración de un movimiento (rectilíneo, circular y parabólico), respecto a un sistema de referencia.</li> <li>▪ Interacciones: relaciones entre cantidad de movimiento, fuerza y leyes de Newton para un sistema en equilibrio o fuera de él.</li> </ul> <p>Energía: conservación de energía y relaciones entre trabajo y energía.</p>
Trabajo experimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planea y realiza proyectos y experimentos en los cuales controla variables, compara los resultados obtenidos con los que predice la teoría, explica las posibles discrepancias, identifica las fuentes de error y limitaciones del diseño y representa los datos en diferentes formas.</li> <li>▪ Elabora textos o informes de laboratorio acerca de situaciones problema, plantea soluciones que justifica por medio de evidencias teóricas y experimentales.</li> </ul>
Comunicación de ideas científicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Participa en debates en los cuales utiliza con precisión el vocabulario propio de las ciencias. Utiliza más de un sistema de símbolos y decide cuál puede ser más conveniente para cada situación.</li> <li>▪ Obtiene expresiones matemáticas a partir de representaciones gráficas de variables (proporcionalidad directa, proporcionalidad inversa).</li> </ul>

Fuente: Ministerio de Educación Nacional: Estándares para la excelencia en la Educación (2002)

## Capítulo 2. Fundamentación disciplinar

Los tres temas experimentales sugeridos en el presente trabajo se dirigen básicamente a la mecánica clásica<sup>4</sup>, donde la formulación es describir el movimiento de partículas a un nivel macroscópico y a velocidades inferiores a la de la luz

Dentro de las formulaciones que trabaja la Física esta la mecánica vectorial, relacionada directamente con las leyes de Newton: la fuerza y la acción de la fuerza, medida por la variación del momento (cantidad de movimiento), y la mecánica analítica relacionando la energía cinética y el trabajo, partiendo de estos principios para obtener analíticamente las ecuaciones de movimiento.

La mecánica clásica ha tenido varias divisiones, una división usual es:

- Cinemática, que estudia el movimiento sin preocuparse del origen del mismo, es decir no se estudia las fuerzas.
- Dinámica, que estudia el movimiento y como se relaciona con las fuerzas y
- Estática, estudia el equilibrio y sus relaciones con las fuerzas.

Las tres actividades experimentales propuestas para desarrollar por parte de los estudiantes de grado décimo, están enmarcadas en la mecánica clásica, donde se trabajara con las temáticas de movimiento y cantidad de movimiento. En el tema de movimiento se tendrá una actividad, sobre movimiento rectilíneo (uniforme o acelerado) llamada en este trabajo como “Montando bici” y para el movimiento de proyectil o parabólico, llamándolo “Rebotar y rebotar”. Y en el tema de cantidad de movimiento, será sobre choques, llamándolo “¿cómo en un columpio?”

---

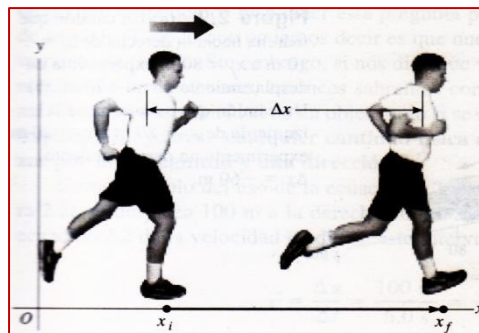
<sup>4</sup> El término clásico, se refiere al contraste con el término “moderno” dentro de la Física para denotar que se trata de sistemas que no necesitan de las hipótesis de la física moderna.

A continuación se expondrá algunos elementos necesarios para poder analizar las diferentes temáticas planteadas.

## 2.1 Desplazamiento

Para describir el movimiento de un objeto es necesario poder especificar su posición en todo momento con base en algún sistema de coordenadas conveniente y un origen especificado. Por ejemplo, considere un persona que está corriendo y se desplaza a lo largo del eje  $x$  a partir de una posición inicial,  $x_i$ , hasta cierta posición final,  $x_f$ , como se muestra en la figura 2-1.

**Figura 2-1:** Representación gráfica del desplazamiento



Fuente: Física Serway

El desplazamiento de un objeto, definido como su cambio de posición, está dado por la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales, o  $x_f - x_i$ . Se emplea la letra griega delta ( $\Delta$ ) para denotar un cambio en una cantidad. Por lo tanto, se escribe el desplazamiento, o cambio de la posición de un objeto, como

$$\Delta x = x_f - x_i$$

Con base en esta definición  $\Delta x$  es positivo si  $x_f$  es mayor que  $x_i$ , y negativo si  $x_f$  es menor que  $x_i$ . Si la persona avanza de una posición inicial de  $x_i = 3 \text{ m}$  a una posición final de  $x_f = 15 \text{ m}$ , el desplazamiento es  $\Delta x = 15 \text{ m} - 3 \text{ m} = 12 \text{ m}$ .

El desplazamiento es un ejemplo de cantidad vectorial (como también la velocidad y la aceleración). En general, un vector es una cantidad física que requiere que se especifique tanto su dirección como su magnitud. En cambio, una cantidad escalar tiene magnitud pero no dirección. Las cantidades escalares, como por ejemplo la masa o la temperatura, se especifican por medio de números con las unidades apropiadas.

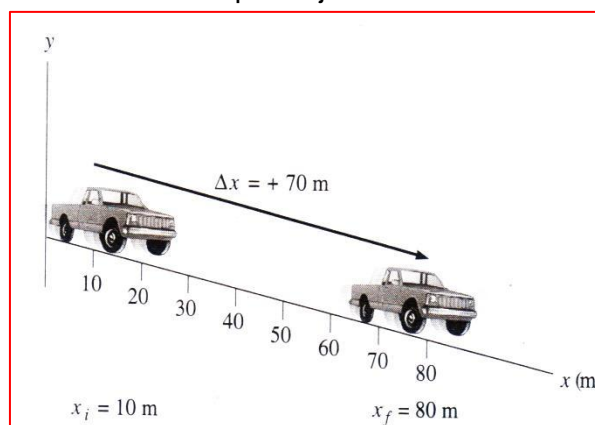
En un movimiento unidimensional hay solo dos direcciones en las cuales un objeto se puede desplazar, y se especifican por medio de los signos de más y menos. Por ejemplo,

si una camioneta se mueve de una posición inicial de 10 m a una posición final de 80 m, como en la figura 2-2, su desplazamiento es

$$\Delta x = x_f - x_i = 80 \text{ m} - 10 \text{ m} = +70 \text{ m}$$

En este caso, el desplazamiento tiene una magnitud de 70 m y está dirigido en la dirección x positiva, como lo indica el signo + del resultado (a veces el signo + se omite, pero se entiende que un resultado de 70 m para el desplazamiento es lo mismo que +70 m). El vector desplazamiento se representa habitualmente por medio de una flecha, como en la figura 2-2. La longitud de la flecha representa la magnitud del desplazamiento, y la cabeza de la flecha indica su dirección.

**Figura 2-2:** Grafica de una camioneta que viaja a la derecha

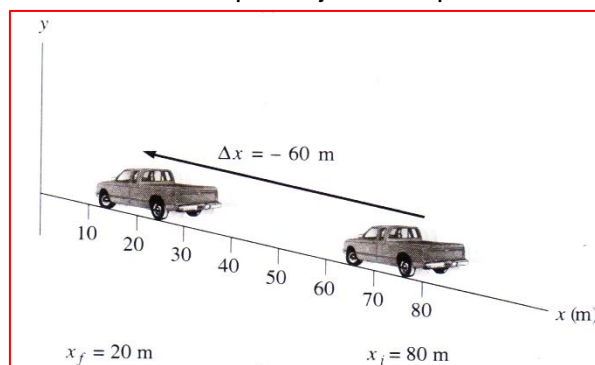


Fuente: Física serway

Supóngase ahora que la camioneta se desplaza hacia la izquierda desde su posición inicial de 80 m hasta una posición final de 20 m, como en la figura 2-3. En esta situación, el desplazamiento es

$$\Delta x = x_f - x_i = 20 \text{ m} - 80 \text{ m} = -60 \text{ m}$$

**Figura 2-3:** Grafica de una camioneta que viaja a la izquierda



Fuente: Física serway



El signo – de este resultado indica que este desplazamiento es en la dirección  $x$  negativa. Análogamente, la flecha que representa el vector de desplazamiento está dirigida hacia la izquierda, como en la figura 2-3.

## 2.2 Velocidad

Se conoce el movimiento de un objeto en su totalidad si se conoce su posición en todo momento. Considere una camioneta que se mueve a lo largo de una carretera (el eje  $x$ ), como en la figura 2-2. Sea  $x_i$  la posición inicial de la camioneta en cierto tiempo  $t_i$ , y sea  $x_f$  su posición en el tiempo  $t_f$ . (Los subíndices  $i$  y  $f$  se refieren a las ubicaciones inicial y final, respectivamente). En el intervalo de tiempo  $\Delta t = t_f - t_i$ , el desplazamiento de la camioneta es  $\Delta x = x_f - x_i$ .

La velocidad,  $v$ , se define como el cociente del desplazamiento,  $\Delta x$ , entre el intervalo de tiempo durante el cual se produjo el desplazamiento:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

La velocidad de un objeto puede ser positiva o negativa, según el signo del desplazamiento (el intervalo de tiempo,  $\Delta t$ , siempre es positivo). Por ejemplo si se elige un sistema de coordenadas tal que el vehículo se desplace de una posición a 100 m del origen hasta la posición a 50 m de este origen en un intervalo de tiempo de 2 s, la componente  $x$  de la velocidad es de  $-25$  m/s. En este caso, el signo – indica un movimiento hacia la izquierda. Si un objeto se desplaza en la dirección  $x$  negativa durante cierto intervalo de tiempo, su velocidad en la dirección  $x$  durante ese intervalo es necesariamente negativa.

A fin de entender la naturaleza vectorial de la velocidad, considerar la situación siguiente. Suponer que una amiga se propone realizar un recorrido en su auto y que viaja a un ritmo de 80 km/h en línea recta durante 1h. Si su punto de partida es su casa, ¿dónde se encontrará ella al término del recorrido? No se puede responder esta pregunta porque ella no especifica la dirección de su viaje. Todo lo que se puede decir es que ella se encontrará a 80 km de su punto de partida. Sin embargo, si ella dice que va a conducir a razón de 80 km/h directamente hacia el norte, entonces se sabe con exactitud cuál será su ubicación final. Se conoce la velocidad de un objeto sólo si se especifica su dirección y su magnitud (rapidez). En general, cualquier cantidad física que es un vector se debe caracterizar por una magnitud y una dirección.

Como ejemplo ilustrativo, supóngase que la camioneta de la figura 2-2 se desplaza 100 m a la derecha en un tiempo de 5 s. La sustitución de estos valores en la ecuación de la velocidad en este intervalo de tiempo como

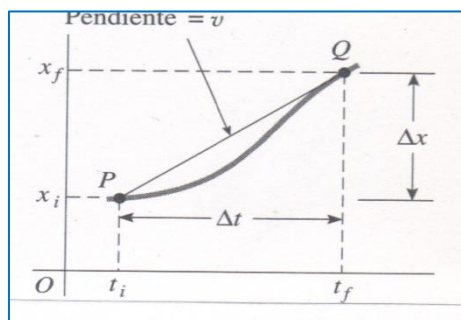
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{5 \text{ s}} = +20 \text{ m/s}$$

Las unidades de velocidad son unidades de longitud divididas entre unidades de tiempo. Esto significa metros por segundo (m/s) en el sistema internacional. Otras unidades de velocidad pueden ser pies por segundo (pie/s) en el sistema convencional o centímetros por segundo (cm/s) si se decide medir las distancias en centímetros.

### 2.2.1 Interpretación grafica de la velocidad

La figura 2-4 es una gráfica del movimiento de un objeto a lo largo de una trayectoria rectilínea desde la posición  $x_i$  en el momento  $t_i$  hasta la posición  $x_f$  en el momento  $t_f$ . La línea recta que conecta los puntos P y Q ofrece una interpretación geométrica de la velocidad. La pendiente de la línea es el cociente de  $\Delta x (= x_f - x_i)$  entre el intervalo de tiempo del movimiento,  $\Delta t (= t_f - t_i)$ . Por lo tanto, la velocidad de un objeto durante el intervalo de tiempo de  $t_i$  a  $t_f$  es igual a la pendiente de la línea recta que une los puntos inicial y final en una gráfica de la posición del objeto contra el tiempo.

**Figura 2-4:** Grafica de la posición en función del tiempo



Fuente: Física serway

A modo de ejemplo para comprender mejor las anteriores situaciones se plantea la siguiente situación: En la tabla 2-1, se representa las diferentes posiciones de un corredor en unos determinados tiempos:

**Tabla 2-1:** Posiciones de un corredor en instantes específicos

t (s)	X (m)
1.00	1.00
1.01	1.02
1.10	1.21
1.20	1.44
1.50	2.25
2.00	4.00
3.00	9.00

Fuente: Física Tipler

En la tabla 2-2 se representan los valores calculados de los intervalos de tiempo, desplazamiento y velocidad para el corredor de la tabla 2-1.

**Tabla 2-2:** Valores de  $\Delta t$ ,  $\Delta x$ , y  $v$

Intervalos de tiempo	$\Delta t$ (s)	$\Delta x$ (m)	$v$ (m/s)
1 a 3.00	2.00	8.00	4.00
1 a 2.00	1.00	3.00	3.00
1 a 1.50	0.50	1.25	2.5
1 a 1.20	0.20	0.44	2.2
1 a 1.10	0.10	0.21	2.1
1 a 1.01	0.01	0.02	2

Fuente: Física Tipler

## 2.3 Aceleración

Cuando se viaja de un lugar a otro en un auto por ejemplo, normalmente no se recorre distancias largas a una velocidad constante, es decir, la velocidad debe cambiar. La velocidad del auto aumenta cuando se pisa el acelerador y disminuye al aplicar los frenos. Por otra parte, la velocidad cambia al tomar una curva y se altera la dirección del movimiento. Cuando la velocidad de un objeto cambia con el tiempo, se dice que el objeto experimenta una aceleración.

Suponga que un automóvil se desplaza a lo largo de una carretera recta. En el tiempo  $t_i$  el auto tiene una velocidad  $v_i$  y en el tiempo  $t_f$  su velocidad es  $v_f$ . La aceleración durante este intervalo de tiempo se define como el cociente del cambio de velocidad entre el intervalo de tiempo durante el cual se produce este cambio:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

Por ejemplo, suponga que un auto acelera desde una velocidad inicial  $v_i = +10 \text{ m/s}$  hasta una velocidad final  $v_f = +30 \text{ m/s}$  en un intervalo de tiempo de 2.0 s. (note que ambas velocidades son hacia la derecha, la dirección elegida como positiva). Estos valores se pueden insertar en la ecuación de la aceleración para dar como resultado:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{30 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{2.0 \text{ s}} = +10 \text{ m/s}^2$$

La aceleración es una cantidad vectorial con dimensiones de longitud divididas entre el cuadrado del tiempo. Algunas unidades de aceleración comunes son metros por segundo por segundo [(m/s)/s, que se escribe normalmente como  $\text{m/s}^2$ ] y pies por segundo por segundo ( $\text{pie/s}^2$ ). La aceleración calculada en el caso anterior fue de  $+10 \text{ m/s}^2$ . Esta

notación significa que, en promedio, el auto acelera en la dirección x positiva, de tal manera que su velocidad aumenta a razón de 10 m/s cada segundo.

Como un segundo ejemplo, considerar un automóvil que cambia su velocidad de un valor inicial de +30 m/s a un valor final de +10 m/s en un intervalo de tiempo de 2.0 s. La aceleración del auto durante este intervalo de tiempo es:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m/s} - 30 \text{ m/s}}{2.0 \text{ s}} = -10 \text{ m/s}^2$$

El signo – indica que el vector de aceleración tiene la dirección x negativa (hacia la izquierda). En el caso de un movimiento en línea recta, la dirección de la velocidad de un objeto y la dirección de su aceleración guardan la relación siguiente: cuando la velocidad y aceleración tienen la misma dirección, la rapidez del objeto aumenta con el tiempo. Cuando la velocidad y aceleración del objeto tienen direcciones opuestas, la rapidez del objeto disminuye con el tiempo (las reducciones de rapidez se llaman también desaceleraciones).

A fin de aclaración, considere la siguiente situación: suponga que la velocidad de un automóvil cambia de – 10 m/s a – 30 m/s en un intervalo de tiempo de 2.0 s. Los signos – indican que la velocidad del auto tiene la dirección x negativa. La aceleración del vehículo en este intervalo de tiempo es:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-30 \text{ m/s} - (-10 \text{ m/s})}{2.0 \text{ s}} = -10 \text{ m/s}^2$$

El signo – indica que el vector de aceleración también tiene la dirección x negativa. Puesto que los vectores de velocidad y aceleración tienen la misma dirección, la rapidez del auto debe aumentar a medida que el auto se desplaza hacia la izquierda.

## 2.4 Diagramas de movimiento

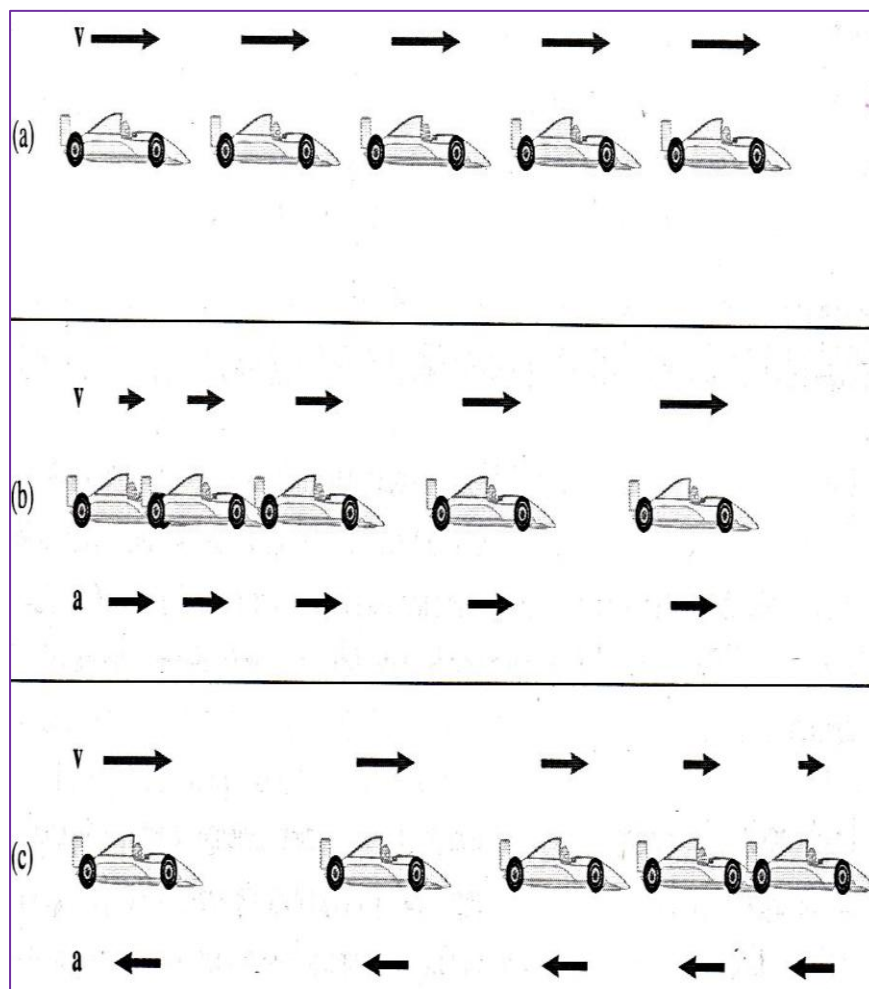
Se suele confundir los conceptos de velocidad y aceleración, pero son cantidades diferentes. Es necesario el uso de diagramas de movimiento para describir los vectores de velocidad y aceleración a medida que el tiempo pasa mientras un objeto se encuentra en movimiento. Para la figura 2-5, se marcara con una “v” los vectores de velocidad y con una “a” los vectores de aceleración. Los vectores están dibujados en varios instantes del movimiento del objeto, y se supone que los intervalos de tiempo entre posiciones seguidas son iguales.

En la figura 2-5 (a) las imágenes sucesivas del vehículo muestran la misma separación: el auto se mueve la misma distancia en cada intervalo de tiempo. Por tanto, el auto se desplaza con velocidad positiva constante y su aceleración es cero.

En la figura 2-5 (b) las imágenes del vehículo se separan cada vez más a medida que el tiempo transcurre. En este caso, el vector de la velocidad aumenta con el tiempo porque el desplazamiento del auto entre posiciones seguidas aumenta al paso del tiempo. Por tanto, el automóvil se mueve con la velocidad positiva y una aceleración positiva.

En la figura 2-5 (c) La rapidez del auto se reduce conforme avanza hacia la derecha porque su desplazamiento entre posiciones seguidas disminuye a medida que el tiempo transcurre. En este caso, el vehículo se mueve inicialmente hacia la derecha con una aceleración negativa constante. El vector de velocidad disminuye con el tiempo y en último término alcanza un valor de cero. En este diagrama se ve que los vectores de velocidad y aceleración no tienen la misma dirección. El auto se mueve con una velocidad positiva, pero con una aceleración negativa.

**Figura 2-5:** Diagramas de movimiento de un automóvil que se desplaza



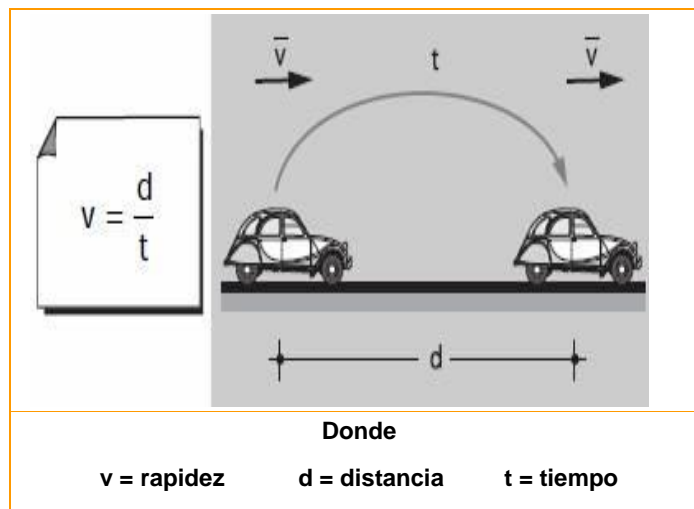
Fuente: Física Serway

## 2.5 Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

Fue definido por primera vez por Galileo en los siguientes términos “entendiendo aquél en el que los espacios recorridos por un móvil en tiempos iguales, tómense como se tomen, resultan iguales entre sí” o comúnmente se dice, es un movimiento de velocidad **V** constante. Este movimiento se caracteriza porque se realiza en una sola dirección en el eje horizontal, la velocidad constante implica magnitud, dirección y sentido inalterables, no hay cambio de velocidad es decir no hay aceleración.

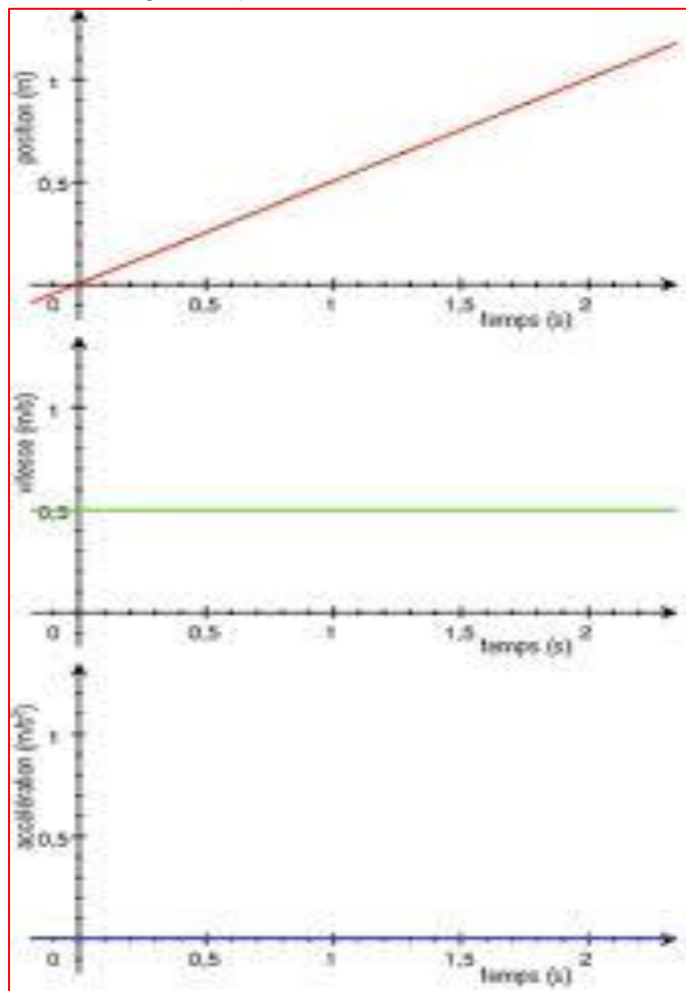
En este movimiento, es muy fácil confundir dos conceptos como rapidez y velocidad, la rapidez se representa un valor numérico y una magnitud, por ejemplo, 80 km/h., en cambio la velocidad representa un vector que incluye un valor numérico y además posee un sentido y una dirección. Cuando se habla de rapidez se tendrá dos elementos que se consideran como la distancia (d) y el tiempo (t), y se relacionan de manera clara. Si dos móviles se demoran el mismo tiempo en recorrer distancias distintas, tiene mayor rapidez aquel que recorre la mayor de ellas. Si dos móviles recorren la misma distancia en tiempos distintos, tiene mayor rapidez aquel que lo hace en menor tiempo. La rapidez se expresa en relación con la distancia recorrida en cierta unidad de tiempo y su fórmula general es como se aprecia en la figura 2-6.

**Figura 2-6:** Representación para el MRU



Fuente: Giancoli. Física, principios y aplicaciones

La distancia está dada por la relación  $d = v t$  y según esta relación, la distancia recorrida por un móvil se obtiene de multiplicar su rapidez por el tiempo empleado. A su vez, si lo que se quiere es calcular es el tiempo empleado en recorrer cierta distancia usamos  $t = \frac{d}{v}$  el tiempo está dado por el cociente entre la distancia recorrida y la rapidez con que se hace. En la figura 2-7 se observa gráficamente como se representa el MRU, desde sus variables distancia, rapidez y aceleración, con respecto al tiempo.

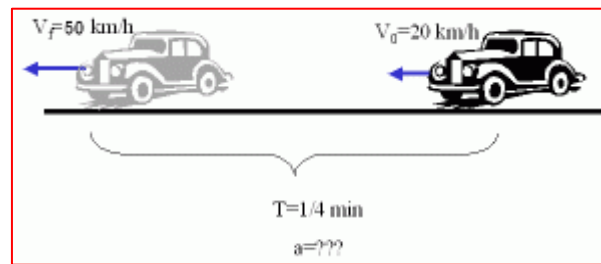
**Figura 2-7:** Representación gráfica para el MRU.

Fuente: Profesor en línea

## 2.6 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)

En este tipo de movimiento a diferencia de MRU, la velocidad varía, pero esta variación es con un cierto orden, es decir que cambia un intervalo de distancia en una misma cantidad de tiempo. Es por eso que aparece una nueva magnitud llamada aceleración.

En la figura 2-8, el automóvil cambia de velocidad en un determinado tiempo, presentándose cierta aceleración.

**Figura 2-8:** Grafica donde se representa el cambio de velocidad.

Fuente: Giancoli. Física, principios y aplicaciones

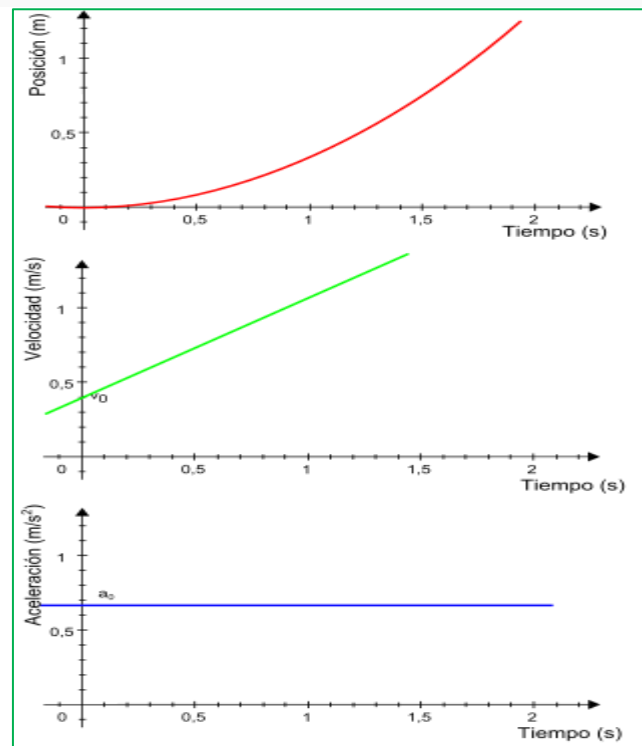
Para este movimiento se presentan tres características fundamentales: (1) La aceleración y la fuerza resultante sobre la partícula son constantes, (2) la velocidad varía linealmente respecto al tiempo y (3) la posición varía según una relación cuadrática respecto del tiempo. Sus tres relaciones fundamentales son:

$$v_f = v_o + a t$$

$$v_f^2 = v_o^2 + 2ax$$

$$x = v_o t + \frac{1}{2} a t^2$$

La representación gráfica para este movimiento es la que se presenta en la figura 2-9.

**Figura 2-9:** Representación gráfica para el MRUA

Fuente: Profesor en línea



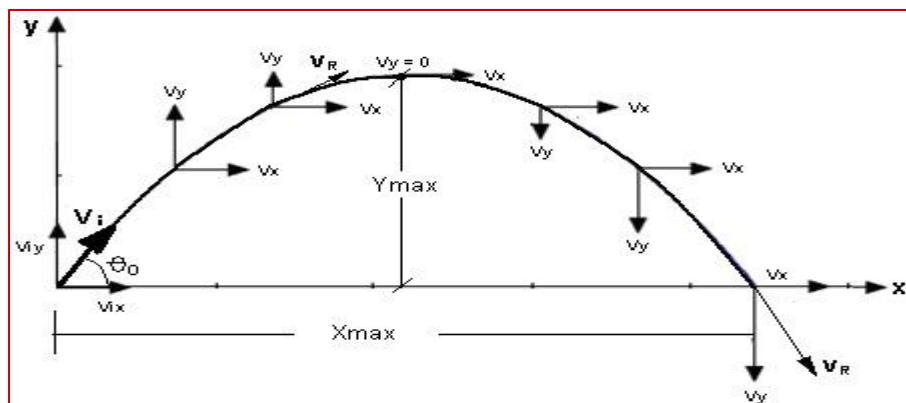
## 2.7 Movimiento parabólico

En las situaciones consideradas anteriormente, los objetos se desplazan a lo largo de trayectorias rectilíneas, como el eje  $x$ , por ejemplo. Para este nuevo movimiento, se tendrá en cuenta que el objeto que se mueve lo hace en un plano, es decir que el objeto se puede mover en las direcciones  $x$  y  $y$  simultáneamente, esto es, en dos dimensiones. Quien haya observado una pelota de béisbol en movimiento, un balón que se desplaza en el aire (o, para el caso, cualquier objeto arrojado al aire) ha visto el movimiento de proyectil o parabólico.

Este movimiento es realizado por un objeto cuya trayectoria describe una parábola. Se corresponde con la trayectoria ideal de un proyectil que se mueve en un medio que no ofrece resistencia al avance y que está sujeto a un campo gravitatorio uniforme. El movimiento parabólico se puede considerar como la composición de un avance horizontal rectilíneo uniforme (MRU) y un lanzamiento vertical hacia arriba y hacia abajo, correspondiente a un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado por la acción de la gravedad (MRUA).

Se puede considerar que cuando no haya resistencia al avance y el campo gravitatorio es uniforme: Un móvil que se deja caer libremente y otro que es lanzado horizontalmente desde la misma altura tardan lo mismo en llegar al suelo. La independencia de la masa en la caída libre y el lanzamiento vertical es igual de válida en los movimientos parabólicos. Un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba y otro parabólicamente completo que alcance la misma altura tarda lo mismo en caer y el tiempo que se demora en llegar a su máxima altura es el mismo en caer desde esa misma altura, es decir, el tiempo de subida es el mismo tiempo de bajada. En la figura 2-10, se representa un movimiento parabólico con las principales variables físicas como velocidad (en el eje  $x$  y en el eje  $y$ ) y la distancia máxima (en el eje  $x$  y en el eje  $y$ ).

**Figura 2-10:** Grafica del movimiento parabólico



Fuente: Giancoli. Física, principios y aplicaciones

La aceleración para este movimiento, es la aceleración de caída libre, **g** (aceleración de la gravedad) teniendo una magnitud constante e igual de  $9.80 \text{ m/s}^2$  y está dirigida hacia abajo. Al elegir el sistema de coordenadas de tal modo que la dirección y sea vertical y positiva hacia arriba. En este caso, la aceleración en la dirección y es  $-g$ , como en la caída libre, y la aceleración x es cero (porque se desprecia la resistencia del aire).

A fin de analizar el movimiento parabólico, este se debe separar en dos partes, el movimiento x (u horizontal) y el movimiento y (o vertical), y se resuelve cada eje por separado. En la tabla 2-3, se resume las variables físicas que se deben analizar para este movimiento, se debe decir que por presentarse un ángulo de elevación  $\theta_0$ , medido con respecto al eje horizontal, se presentan descomposiciones vectoriales en los ejes x y y, y por tanto valores seno y coseno para las componentes físicas de las diferentes variables.

**Tabla 2-3:** Ecuaciones del movimiento parabólico

$v_{ox} = v_o \cos \theta$	$v_{fy}^2 = v_o^2 \sin^2 \theta - 2gh$	$t_v = 2 \frac{v_o}{g} \sin \theta$
$v_{oy} = v_o \sin \theta$	$v_{fy} = v_o \sin \theta - gt$	$x_{m\acute{a}x} = \frac{v_o^2 \sin 2\theta}{g}$
$x = v_o \cos \theta t$	$h_{m\acute{a}x} = \frac{v_o^2 \sin^2 \theta}{2g}$	$v_r = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
$h = h_o + v_o \sin \theta t - \frac{1}{2} gt^2$	$t_s = t_b = \frac{v_o}{g} \sin \theta$	

Fuente: El autor

## 2.8 Cantidad de movimiento

Siempre que hablamos de movimiento nos referimos a los conceptos de posición, velocidad y aceleración para describirlo. Y cuando nos referimos a interacciones entre cuerpos siempre hablamos de fuerzas. En forma natural, estos dos hechos físicos, movimiento de un cuerpo y fuerzas que actúan sobre él, se relacionan. Es una magnitud física fundamental de tipo vectorial que describe el movimiento de un cuerpo en cualquier teoría mecánica. En mecánica clásica, la cantidad de movimiento se define como el producto de la masa del cuerpo y su velocidad en un instante determinado.

En mecánica newtoniana, la forma más usual de introducir la cantidad de movimiento es como el producto de la masa (kg) de un cuerpo material por su velocidad (m/s), para luego analizar su relación con las leyes de Newton. La cantidad de movimiento obedece a una ley de conservación, lo cual significa que la cantidad de movimiento total de todo sistema cerrado (o sea uno que no es afectado por fuerzas exteriores, y cuyas fuerzas

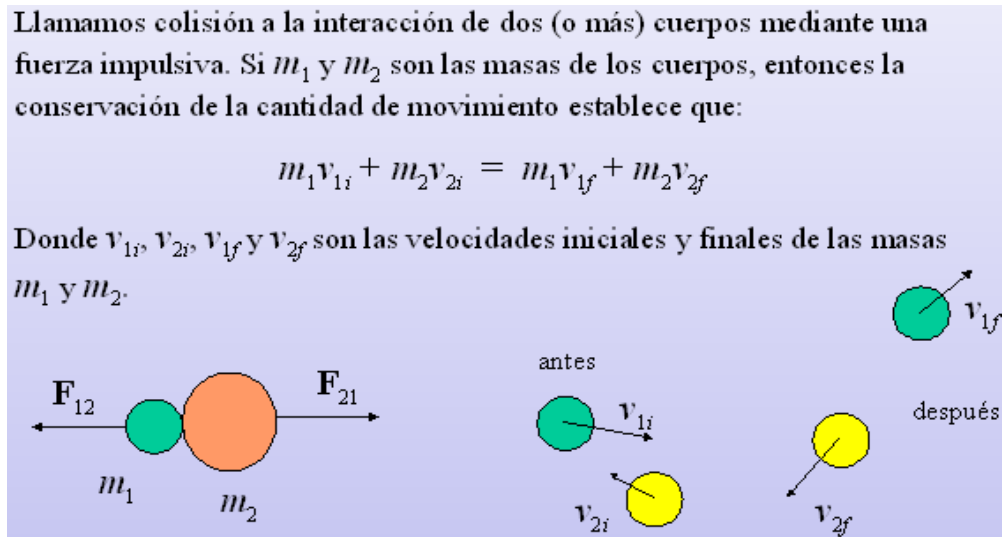
internas no son disipadoras) no puede ser cambiada y permanece constante en el tiempo.

Matemáticamente, el momento lineal  $\vec{p}$  se define como:  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Por tanto, el momento lineal  $\vec{p}$ , es una magnitud vectorial (kg m/s), ya que resulta de multiplicar un escalar (la masa en kg) por un vector (la velocidad, en m/s). Su dirección y sentido coinciden con los del vector velocidad.

Cuando chocan dos cuerpos se pueden producir una serie de interacciones que en Física se llaman choques o colisiones. En la figura 2-11, se evidencia el choque entre dos cuerpos de masas distintas  $m_1$  y  $m_2$  y su respectiva ecuación.

**Figura 2-11:** Colisiones entre dos cuerpos



Fuente: Giancoli. Física. Principios con aplicaciones

Cuando Newton expuso por primera vez la segunda ley en forma matemática, la escribió no como  $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$ , sino como

$$F = \frac{\text{cambio de cantidad de movimiento}}{\text{intervalo de tiempo}} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Esta relación establece que la razón de cambio en el tiempo de la cantidad de movimiento de un objeto es igual a la fuerza neta que actúa sobre el objeto. Para ver que esto es equivalente a  $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$ , para un objeto de masa constante, considere una fuerza constante  $F$ , que actúa sobre una partícula y produce una aceleración constante.

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

Recordando ahora que la velocidad de un objeto que se desplaza con aceleración constante varía con el tiempo como sigue:

$$v_f = v_i + at$$

Si se toma  $\Delta t = t$  y al sustituir la  $v_f$  en la relación

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t} = \frac{m(v_i + at - v_i)}{t} = ma$$

La cantidad de movimiento y la velocidad de la partícula se conservan cuando  $\mathbf{F} = 0$ . Esta propiedad de la cantidad de movimiento es importante en el análisis de los choques.

$$F \Delta t = \Delta P = mv_f - mv_i$$

A este resultado se le suele llamar teorema del impulso y la cantidad de movimiento. Al término del lado izquierdo,  $F \Delta t$ , se le conoce como el impulso de la fuerza  $\mathbf{F}$  en el intervalo de tiempo  $\Delta t$ . De acuerdo con este resultado, el impulso de la fuerza que actúa sobre un objeto es igual al cambio de cantidad de movimiento de ese objeto.

Esta ecuación nos dice que si se ejerce una fuerza sobre un objeto durante el intervalo de tiempo  $\Delta t$ , el efecto de esta fuerza consiste en cambiar la cantidad de movimiento del objeto de cierto valor inicial,  $mv_i$ , a determinado valor final,  $mv_f$ . Por ejemplo, suponga que un lanzador arroja una pelota con una velocidad  $v_i$ , y un bateador golpea la pelota de frente de tal manera que invierte la dirección de su velocidad. La fuerza,  $\mathbf{F}$ , que el bate ejerce sobre la pelota puede cambiar tanto la dirección como la magnitud de la velocidad inicial a un valor más alto,  $v_f$ .

## **Capítulo 3. Fundamentación pedagógica**

El estudio de la Física es una aventura estimulante, a veces frustrante y ocasionalmente dolorosa, pero que da abundantes beneficios y satisfacciones. La Física apela al sentido de la belleza y a la inteligencia humana. Lo que se conoce del mundo físico se basa en los cimientos establecidos por gigantes como Galileo, Newton, Maxwell y Einstein, cuya influencia se ha extendido más allá de la ciencia para afectar profundamente la vida humana y las ideas.

### **3.1 La enseñanza de la Física**

Prácticamente todos los modelos de enseñanza de la Física se basan en la resolución de problemas; esta estrategia no es concebida como “aplicación de la teoría” sino como eje de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, y se deja de lado en algunos casos la parte experimental, por ser algo más complejo tanto para los estudiantes como para los maestros, además se puede argumentar que no se tienen las herramientas necesarias para poder realizar una práctica de laboratorio significativa.

#### **3.1.1 ¿Cómo aprenden Física los estudiantes?**

Los estudiantes tienen conocimientos empíricos y escolares acerca del mundo físico. La mayoría de estos conocimientos son incorrectos desde el punto de vista científico, otros son incompletos y muy pocas veces, correctos. Cuando la enseñanza se lleva a cabo sin considerar los conocimientos que ya poseen los estudiantes se produce la construcción de dos físicas paralelas: la escolar y la espontánea.

Uno de los objetivos de la enseñanza es producir aprendizajes significativos de manera tal que los estudiantes estén en condiciones, si lo desean, de aplicar las leyes de la Física a múltiples situaciones, escolares o no. Las perspectivas según Rubinstein (2003) constructivistas de la psicología cognitiva plantean que, para alcanzar este objetivo, durante la enseñanza hay que tener en cuenta que los estudiantes son los responsables de su propio aprendizaje. Los conocimientos de Física no se pueden grabar en la mente del estudiante como si fuese un CD vacío porque el aprendizaje se realiza mediante la construcción activa de significados. Todo lo que se intenta enseñar, los estudiantes lo

interpretan desde sus propias estructuras conceptuales, por lo que el docente debe es tratar de conocerlas y actuar en consecuencia.

La Física que se enseña debe ser más efectiva para explicar el mundo de su propia física de los estudiantes y, si es posible, debe ser también más atractiva.

### 3.1.2 ¿Para qué se enseña Física en el bachillerato?

Se acepta en general que la función principal de la enseñanza de la Física en el colegio, apunta a la alfabetización científica de los ciudadanos. En este sentido le aportará, además de conocimientos básicos, estrategias para abordar problemas tanto científicos como cotidianos, valorar los avances científicos y tener una opinión fundamentada acerca de problemas ambientales o sociales relacionados con las ciencias.

### 3.1.3 ¿Qué es un problema?

Un problema es una herramienta fundamental para la enseñanza de la Física, es conveniente comenzar con la selección o redacción de un enunciado. El enunciado de un problema debe ser claro, no solo para el estudiante que lo va intentar solucionar, sino también en cuanto a su intencionalidad didáctica, es decir que el problema está ubicado en cierta secuencia de enseñanza y se busca su solución, en este momento, para que el estudiante aprenda un determinado contenido de Física.

### 3.1.4 Resolución de problemas

No existe un único método para resolver problemas de Física, es posible enseñar a los estudiantes ciertas estrategias que contribuyan para esto. Diversos escritos suministran pistas de cómo se pueden aprender estrategias para resolver problemas, algunas de estas se relacionan en la tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Diversas estrategias para resolver problemas

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Analizar muy detalladamente el enunciado, por dibujos si es necesario, donde el estudiante trate de resolver como él lo entiende.</li><li>▪ Formular hipótesis acerca de la o las posibles soluciones y de los diferentes caminos para alcanzarla.</li><li>▪ Realizar la búsqueda de los contenidos de Física necesarios para encontrar la solución (libros, apuntes).</li><li>▪ Discutir el enunciado, formular hipótesis del posible resultado y proponer vías de solución para utilizar las ecuaciones para resolver el problema.</li><li>▪ Analizar la solución que corresponda a lo planteado en el enunciado, sino es así, verificar donde estuvo el error.</li></ul> |
|---|

Fuente: Rubinstein, Jorge (2003) Colección Enseñar y Aprender

## 3.2 El Liceo Femenino “Mercedes Nariño”

La Institución Educativa Distrital Liceo Femenino “Mercedes Nariño” es una institución de carácter distrital, de cien años de ser fundada, cuya modalidad es académica, atendiendo a una población de género femenino, dentro de un nivel socioeconómico de estratos 2 y 3, con la visión de ser una institución líder en procesos de enseñanza-aprendizaje cooperativo y modelo en la formación de mujeres con calidad humana, autónomas, independientes, críticas, responsables, capaces de usar el conocimiento y las habilidades adquiridas en el desarrollo empresarial, dominio del inglés como segunda lengua y aplicación de tecnologías en la construcción de su proyecto de vida. “El Proyecto Educativo Institucional (PEI) está dirigido a la formación de mujeres liceístas autónomas y reflexivas, transformadoras de la sociedad con perspectivas científicas y tecnológicas”<sup>5</sup>.

## 3.3 El currículo para Ciencias Naturales en el Liceo Femenino

El área de ciencias naturales, está conformada por las asignaturas de Física, Química y Biología, que se imparten desde el grado sexto a grado undécimo. La intensidad horaria para Física en educación básica que va desde grado sexto a noveno, es de un bloque semanal (80 minutos) durante todo el año y en educación media grados decimo y undécimo es de 4 bloques a la semana, pero semestralizada (los primeros seis meses del año se dirige a undécimo y los últimos seis meses se dirige a decimo). *El proyecto del área está planteado para que las estudiantes se aproximen al conocimiento científico a partir de los diferentes grados que presenta el colegio, de la siguiente manera: **Grado sexto:** La ciencia y el método científico, movimiento de cuerpos, fuerza, trabajo y energía. **Grado séptimo:** Movimiento ondulatorio (ondas, sonido, óptica). **Grado octavo:** Termodinámica y fluidos (estados físicos de la materia, presión y densidad, temperatura y calor, fluidos en reposo y en movimiento). **Grado noveno:** Electrostática y electrodinámica. Para el **grado decimo y undécimo**, el trabajo que debe ser de carácter disciplinar, se asume a partir del análisis y la resolución de problemas enmarcados dentro de la enseñanza de los ejes temáticos propuestos por el ICFES: mecánica clásica, termodinámica, eventos ondulatorios y eventos electromagnéticos y los Estándares<sup>6</sup>. Los Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales para grado decimo (población objeto de estudio en este trabajo) se muestran en el Anexo A.*

## 3.4 El Aprendizaje Activo

Es una estrategia de enseñanza-aprendizaje donde su implementación y diseño se basa en el estudiante, para generar su participación y reflexión, continua con actividades que

---

<sup>5</sup> Tomado del manual de convivencia del Liceo Femenino “Mercedes Nariño” (2014)

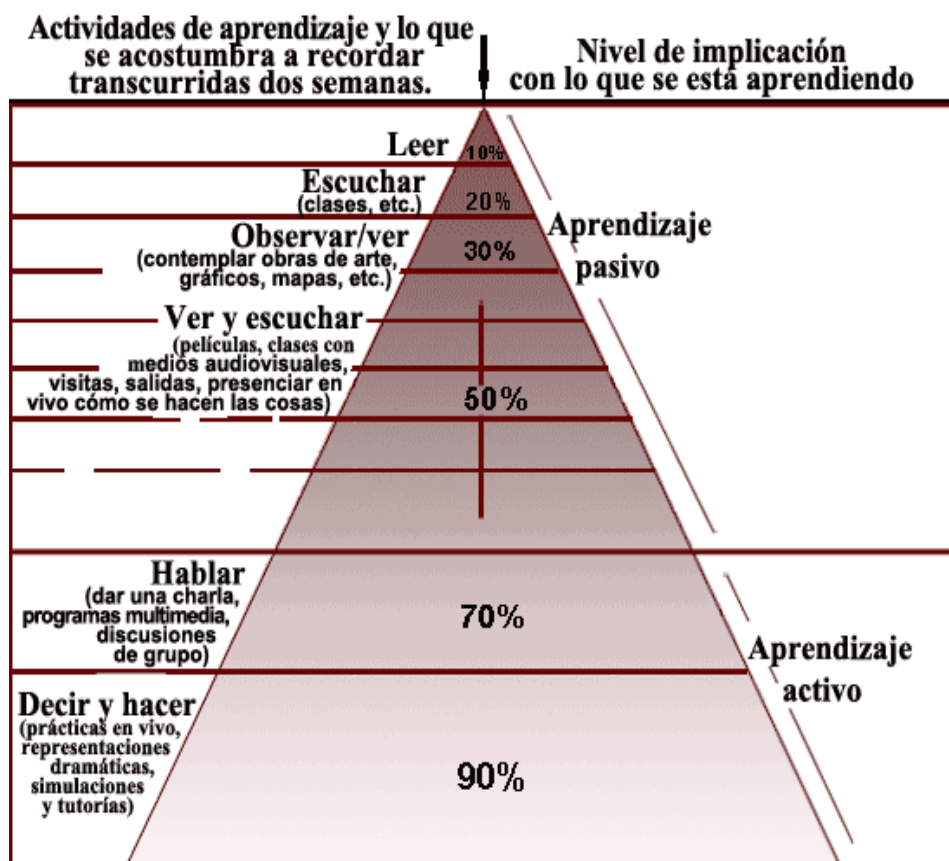
<sup>6</sup> Tomado del programa del Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental para el Liceo Femenino “Mercedes Nariño”.

generen la colaboración, el desarrollo, el diálogo y la construcción de conocimientos junto con sus actitudes y habilidades. Este tipo de aprendizaje lo promueve la *UNESCO* en sus talleres internacionales, donde hay un cambio del papel docente (explicar todo con autoridad al de ser un “facilitador” del conocimiento) donde se constata la evidencia experimental con un mundo real.

Estas actividades deben ser motivadoras y bien estructuradas, las cuales se orientan a profundizar en el conocimiento, y desde luego generar en los estudiantes las habilidades de búsqueda, análisis y síntesis de la información, donde el alumno se va adaptando a la solución de varios problemas, comenzando por actividades donde se desarrollen las competencias más simples a las más complejas, de manera individual y luego grupal.

En la figura 3-1, se evidencia la pirámide de aprendizaje activo relacionándolo con el aprendizaje pasivo, con las actividades desarrolladas en cada una, con sus respectivos porcentajes de apropiación por parte de los estudiantes

**Figura 3-1:** Pirámide de aprendizaje activo relacionando el aprendizaje pasivo



Fuente: Dale, E. (1946). Adaptación en forma de pirámide de aprendizaje activo



**Tabla 3-2:** Comparación entre el aprendizaje tradicional (pasivo) y el aprendizaje activo

Aprendizaje pasivo	Aprendizaje activo
Docente y libro son las autoridades y fuentes del conocimiento.	Los estudiantes construyen su conocimiento realizando actividades. La observación del mundo real es la autoridad y fuente de conocimiento
Las creencias estudiantiles no son explícitamente desafiadas.	Utiliza un ciclo de aprendizaje que desafía a los estudiantes a comparar sus predicciones (basadas en sus creencias) con el resultado de los experimentos.
Los estudiantes no se dan cuenta de las diferencias entre sus creencias y lo que dice en clase el profesor.	Los estudiantes cambian sus creencias cuando ven las diferencias entre ellas y sus propias observaciones.
El papel del profesor es como autoridad.	El profesor es una guía del proceso de aprendizaje.
Desalienta la colaboración entre alumnos.	Estimula la colaboración entre estudiantes.
En las clases se presentan “hechos” de la ciencia, con poca referencia a experimentos.	Se observan en forma comprensible los resultados de experimentos reales.
El laboratorio se usa para confirmar lo “aprendido”.	El laboratorio se usa para aprender conceptos.

Fuente: Monroy, R. Freddy. Diapositivas Taller Experimental I-2014, Universidad Nacional de Colombia

### 3.4.1 “Pasos” sugeridos en el aprendizaje activo

El aprendizaje activo como anteriormente se mencionó, es una construcción del conocimiento de los estudiantes a través de la observación directa del mundo real. Para llegar a este conocimiento real, se plantean dos actividades: (I) clases teóricas demostrativas y (II) laboratorios de aprendizaje activo y se sugiere que se cumplan los siguientes “pasos”: Predicción, Actividad, Observación, Discusión y síntesis.

#### **(I) Para las clases teórico demostrativas<sup>7</sup>:**

1. El docente describe el experimento y, si fuera necesario, lo realiza sin proyectar el resultado del experimento.
2. Los estudiantes deben registrar su predicción individual en la Hoja de Predicciones (Enfatizar las predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación).

---

<sup>7</sup> Tomado de las clases y diapositivas de taller experimental I-2014, Desarrolladas para estudiantes de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, dirigida por los profesores Freddy A. Monroy R., Carlos Perilla y Diego Torres.

3. *Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de discusión con sus dos o tres compañeros más cercanos.*
4. *Cada grupo nombra un relator que registra la predicción final del grupo en la Hoja de Predicciones de grupo.*
5. *El docente recoge (verbalmente o por escrito) las predicciones de cada grupo.*
6. *El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.*
7. *Se pide a todos los estudiantes, que para toda la clase, describan los resultados y los discutan en el contexto de la demostración. Los estudiantes registran estos resultados en la Hoja de Resultados, la cual se llevan para estudiar.*
8. *Los estudiantes o el docente, realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente realizados. Además se discuten situaciones análogas con diferentes características superficiales (es decir, diferentes situaciones, pero que responden al mismo concepto).*

## **(II) Para el laboratorio de aprendizaje activo:**

Básicamente son los mismos pasos que para las clases teórico demostrativas, la única diferencia está en el inciso 6, donde son los estudiantes que realizan la práctica mostrando claramente los resultados.

## **3.5 El programa Tracker**

*Tracker* es un software libre de análisis de video construido sobre una plataforma *Java Open Physics (OSP)*, disponible para *Linux*, *Windows* y *Mac*, que permite el análisis de movimientos (y otras situaciones reales) en una o dos dimensiones. Incluye como características; seguimiento de objetos y su posición, velocidad y aceleración, gráficos, filtros con efectos especiales, múltiples cuadros de referencia, puntos de calibración, líneas de perfil para el análisis del espectro, patrones de interferencia y modelos dinámicos de partículas.

El programa *Tracker* permite la creación de un modelo cinemático o un modelo dinámico que describe el fenómeno que se quiere estudiar. De este modo podemos establecer el grado de viabilidad del modelo con la realidad en relación con su grado de predicción de datos reales. Este modelo puede compararse constantemente con los datos reales y por tanto se puede comparar sus resultados, y además se puede comprobar la validez de las leyes físicas expuestas en el currículo de Física.

Para bajar e instalar la última versión del *Tracker* es necesario ir a la página de Internet: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/> y bajar la versión correspondiente al sistema operativo que se quiera usar. Previamente se debe tener ya instalado *Java* y *Quicktime*, en el computador o portátil para poder visualizar y trabajar con el programa *Tracker*.

Para el manejo del programa tracker, en el anexo B, se deja una guía para tal fin.

## Capítulo 4. Experimentación

Para el trabajo de la experimentación, implementada para las 130 estudiantes de grado decimo del Liceo Femenino “Mercedes Nariño”, jornada mañana, es sobre tres situaciones experimentales (“Rebotar y rebotar”, “¿cómo en un columpio?”, y “Montando bici”) y para el desarrollo del presente trabajo estas prácticas de laboratorio se presentaran en tres temas fundamentalmente: (1) Aplicando el aprendizaje activo por medio de una guía, donde se tendrán tres situaciones especiales, (a) Hoja de predicciones individuales, (b) Hoja de predicciones grupales y (c) Hoja de resultados. (2) Análisis del Aprendizaje activo en sus tres etapas mencionadas por medio de los resultados obtenidos en la parte experimental y (3) La implementación del programa Tracker a dichas experiencias de laboratorio.

Las tres experiencias de laboratorio están enfocadas con respecto a la mecánica clásica (dinámica y cinemática). La primera y segunda de estas prácticas de laboratorio, están relacionadas con el movimiento en dos dimensiones: el movimiento parabólico o también llamado movimiento de proyectil, llamando esta actividad como “Rebotar y rebotar” para la primera; y sobre cantidad de movimiento en la segunda, llamando esta actividad “¿Cómo en un columpio?”. Para la última práctica de laboratorio, relacionada en una dimensión<sup>8</sup>: movimiento rectilíneo uniforme, llamando esta actividad “Montando bici”.

En cuanto al cuestionario, está dirigido a 20 profesores de Física, los cuales, de acuerdo con algunas situaciones que se preguntan, responderán lo más sincero y veraz posible, de su quehacer pedagógico


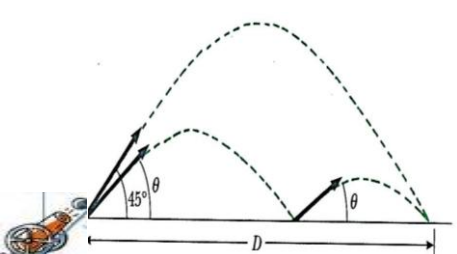
---

<sup>8</sup> aunque para este trabajo es en dos dimensiones, se aclara que también se puede aplicar a una dimensión

## 4.1 Aplicando el aprendizaje activo: Tres Guías de Laboratorio (para las estudiantes)

En la tabla 4-1, se presenta la guía propuesta, desarrollando la primera práctica de laboratorio en forma individual. **Nota aclaratoria:** Se aclara para el lector que para el método de aprendizaje activo se debe entregar al estudiante tres hojas o fotocopias con la actividad planeada, individual, grupal y hoja de resultados, pero para no repetir las mismas hojas en el presente trabajo se colocó en la hoja, las tres opciones de marcar, dependiendo de los pasos que se estén desarrollando el o los estudiantes colocaran una X en la opción correspondiente (Previamente se marcó X en la hoja individual).

**Tabla 4-1:** Primera guía para la práctica de laboratorio-individual

<b>IED LICEO FEMENINO "MERCEDES NARIÑO" JM</b> <b>AREA DE CIENCIAS NATURALES Y EDUCACION AMBIENTAL</b> <b>ASIGNATURA: FÍSICA GRADO: DÉCIMO AÑO: 2015</b> <b>PROFESOR: HECTOR B. GÓMEZ FONSECA</b> <b>PRACTICA DE LABORATORIO</b>	
ESTUDIANTE : _____	CURSO: _____
<h1 style="margin: 0;">REBOTAR Y REBOTAR</h1> <p style="margin: 5px 0;"><b><i>HOJA DE PREDICIONES-INDIVIDUAL(X) - GRUPAL( ) - HOJA DE RESULTADOS( )</i></b></p> <p style="margin: 0;"><b>Instrucciones:</b> Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente.</p> <p style="margin: 10px 0;"><b><u>Descripción del problema</u></b></p> <p style="margin: 0;">Juanita al observar un entrenamiento de futbol en el estadio, analizo que un jugador al cobrar un tiro libre, pateaba el balón y que este se dirigía directamente al arco realizando un rebote (grafico A). Tiempo después el mismo jugador cobraba otro tiro libre, pero el balón rebotaba dos veces para llegar al arco desde el mismo punto que lanzo el primer tiro. Intrigada por lo que se presentaba decidió plantear la siguiente situación experimental en la sala de su casa: construyo una especie de "cañón" con un tubo plástico y un resorte dentro del tubo y le añadió un transportador para medir ángulos. Con este dispositivo, formo un ángulo de <math>45^\circ</math> con el tubo plástico y el eje horizontal, luego comprimió el resorte y con un baloncito, que introdujo en el tubo, soltó el resorte. El baloncito salió disparado y pego en una determinada distancia horizontal D realizando un solo rebote, con la ayuda de un cronometro registro el tiempo que llamo <math>t_1</math>; luego volvió a comprimir el resorte, pero modifíco algunas variables físicas, como por ejemplo el ángulo que llamo <math>\theta</math>, para que se produjera el mismo alcance D pero ahora con dos rebotes y volvió a medir el tiempo llamándolo <math>t_2</math> (grafico B).</p>	
 <p style="margin-top: 10px;">Grafico A</p>	 <p style="margin-top: 10px;">grafico B</p>

**Predicciones**

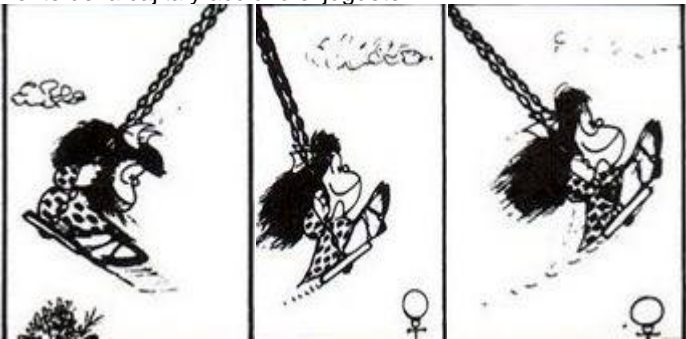

En 10 minutos realice las siguientes predicciones y entréguelas al profesor:

1. ¿Considera usted que los tiempos registrados  $t_1$  y  $t_2$  por Juanita son iguales? Justifique:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Si se realiza el experimento en el prado ¿Qué permanecería constante y que cambiaría si el alcance es el mismo que la situación anterior?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Si el ángulo  $\theta$  fuera mayor de  $45^\circ$  ¿el alcance  $D$  sería el mismo? Justifique su argumentación.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Si se cambia el baloncito por otro más grande o más pequeño ¿cree usted que el tiempo registrado cambia? ¿y el alcance horizontal también cambiaría?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. ¿Qué variables físicas se tendrían que cambiar para que se produjeran tres rebotes, o cuatro rebotes, etc., pero conservando el mismo alcance horizontal  $D$ ? ¿Se puede deducir alguna particularidad de la situación anterior?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Realice una gráfica de distancia horizontal contra tiempo. ¿Qué puede deducir de dicha gráfica?
7. Realice dos gráficas de velocidad tanto horizontal como vertical contra el tiempo. ¿son iguales dichas velocidades? ¿por qué?
8. Realice dos gráficas de aceleración tanto horizontal como vertical contra el tiempo. ¿son iguales dichas aceleraciones? ¿por qué?

Fuente: El autor

En la tabla 4-2, se presenta la guía propuesta, desarrollando la segunda práctica de laboratorio en forma individual, pero realizando la misma **nota aclaratoria** para la práctica desarrollada en la primera guía.

**Tabla 4-2:** Segunda guía para la práctica de laboratorio-individual

<b>IED LICEO FEMENINO "MERCEDES NARIÑO" JM</b> <b>AREA DE CIENCIAS NATURALES Y EDUCACION AMBIENTAL</b> <b>ASIGNATURA: FÍSICA GRADO: DÉCIMO AÑO: 2015</b> <b>PROFESOR: HECTOR B. GÓMEZ FONSECA</b> <b>PRACTICA DE LABORATORIO</b>	
ESTUDIANTE : _____	CURSO: _____
<h1 style="color: #800080; text-shadow: 2px 2px 4px #4169E1; margin: 0;">¿Cómo en un columpio?</h1> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 10px 0;"> <u>HOJA DE PREDICIONES-INDIVIDUAL (X) - GRUPAL ( ) - HOJA DE RESULTADOS ( )</u> </p> <p><b>Instrucciones:</b> Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente.</p> <p><b>Descripción del problema</b></p> <p>Un buen día Mafalda salió a jugar al parque, y la diversión que más le gustaba era columpiarse en un viejo columpio (como se representa en el grafico A), y lo hacía por un largo rato, pensando en lo que le pasaría al mundo y a su población. Luego de muchísimos vaivenes, se le ocurrió una idea genial, hacer su propio columpio, para esto, ya en su casa consiguió una pistola de juguete que disparaba balines, que tenía su hermano Guille guardada en su armario (juguete que no le gustaba mucho a Mafalda) y amarro una cuerda por un extremo del techo de la casa y en el otro extremo una pequeña cajita (como se representa en el grafico B). Luego que todo estaba bien dispuesto coloco la pistola con un balín dentro al frente de la cajita y acciono el juguete.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Grafico A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Grafico B</p> </div> </div> <p><b>Predicciones</b></p> <p>En 10 minutos realice las siguientes predicciones y entréguelas al profesor:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Por qué cree usted, que lo que pensó Mafalda con su experimento es igual que si estuviera columpiándose? Justifique su respuesta.        _____        _____</li> <li>¿Por qué cree usted se dio el título a esta práctica de laboratorio "¿Cómo en un columpio?"?</li> </ol>	

3. Cuando la cajita estaba quieta ¿qué tipo de fuerzas se presentan en este momento? Realice un dibujo o un diagrama de cuerpo libre.
4. Cuando el balón sale de la pistola de juguete ¿qué le pasará a la cajita? Argumente su respuesta, si es necesario realice un gráfico.
5. Cuando Mafalda está en la posición más alta del columpio ¿Qué tipo de fuerzas estarán presentes en ese instante? Realice un diagrama de cuerpo libre.
6. Si la pequeña cajita se reemplazara por un objeto más grande ¿sucedería lo mismo cuando la golpearan con el balón? Justifique su respuesta.
7. Realice una gráfica de velocidad contra tiempo ¿Qué puede deducir acerca de esta velocidad?
8. Realice una gráfica de aceleración contra tiempo ¿Qué puede deducir acerca de esta aceleración?
9. Si se midiera el tiempo de ida y venida en el columpio que construyó Mafalda ¿qué podría decir acerca de estos tiempos?
10. Si la cuerda con que Mafalda amarró su cajita, se acortara ¿qué cree que pasaría ahora, cuando la golpee el balón? ¿sucederá lo mismo si la cuerda se alargara?

En la tabla 4-3, se presenta la guía propuesta, desarrollando la tercera práctica de laboratorio en forma individual, recalcando la misma **nota aclaratoria** de la primera práctica.

**Tabla 4-3:** Tercera guía para la práctica de laboratorio-individual

<b>IED LICEO FEMENINO “MERCEDES NARIÑO” JM</b> <b>AREA DE CIENCIAS NATURALES Y EDUCACION AMBIENTAL</b> <b>ASIGNATURA: FÍSICA GRADO: DÉCIMO AÑO: 2015</b> <b>PROFESOR: HECTOR B. GÓMEZ FONSECA</b> <b>PRACTICA DE LABORATORIO</b>	
ESTUDIANTE : _____	CURSO: _____
	
<b><u>HOJA DE PREDICIONES-INDIVIDUAL (X) - GRUPAL ( ) - HOJA DE RESULTADOS ( )</u></b>	
<p><b>Instrucciones:</b> Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga en cuenta que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente.</p> <p><b>Descripción del problema</b>          La profesora de Física decidió hacer una práctica de laboratorio en el patio del colegio, y aprovechando el programa de la Alcaldía de Bogotá, “bicicletas al colegio”, pidió prestadas varias bicicletas. Les pidió a sus estudiantes que midieran y marcaran en el suelo con la ayuda de un metro y una tiza, cada dos metros de distancia, es decir, que colocaran cero metros, dos metros, cuatro metros, seis metros y así hasta 10 metros, en línea recta. Les pidió a sus estudiantes que formaran dos grupos con las bici que tenían, y a los demás estudiantes de cada grupo que no tenían bicicletas, les dio cronómetros, para que tomaran los tiempos de sus compañeros en la bicicleta cada vez que cruzaran por las diferentes marcas (de acuerdo como aparece en la siguiente grafica):</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>Al primer grupo la profe les pidió a los estudiantes en la bicicleta que se movieran partiendo de la posición cero metros y moviéndose muy despacio, en línea muy recta y sus compañeros de grupo les tomarían los tiempos en cada intervalo de distancia. Al segundo grupo les pidió a los que tenían bici, que comenzaran de cero metros pero que se movieran en sentido contrario a sus primeros compañeros, en línea muy recta y sus compañeros de grupo les tomarían los tiempos en los diferentes intervalos de distancia. (Se puede variar el experimento indicando que los estudiantes del segundo grupo, se pueden mover cada vez más rápido en cada intervalo de distancias).</p> <p><b>Predicciones</b></p> <p>En 10 minutos realice las siguientes predicciones y entréguelas al profesor:</p> <p>A cada grupo les pidió que tomaran cuatro tiempos para cada intervalo de distancia y que registraran estos datos medidos experimentalmente, en la siguiente tabla:</p>	



d (m)	Tiempo (s)				Tiempo promedio	V (m/s)
	1ra vez	2da vez	3ra vez	4ta vez		
0 – 2						
2 – 4						
4 – 6						
6 – 8						
8 – 10						

- Los datos registrados en cada uno de los grupos por separado y para los cinco intervalos de distancia ¿Cómo son? Argumente su comentario.  
\_\_\_\_\_
- Explique cómo calcularía el tiempo promedio para cada intervalo de distancia.  
\_\_\_\_\_
- Ahora si se toman los tiempos promedio comparando con los dos grupos, ¿qué se puede inferir?  
\_\_\_\_\_
- ¿Cómo obtendría el valor de la última columna, es decir V? Explíquelo.  
\_\_\_\_\_
- Realice una gráfica de distancia contra tiempo para los dos grupos ¿qué podría decir de estas dos graficas? ¿son iguales y si lo son por qué? ¿es lo mismo moverse en una dirección y en la dirección contraria? ¿cruzarían por el origen estas graficas? ¿qué significado físico será calcular la pendiente de estas graficas?
- Realice la gráfica de velocidad contra tiempo para los dos grupos ¿Qué podría decir de estas dos graficas? ¿son iguales, por qué? ¿qué significado físico será calcular la pendiente de estas dos graficas? Y ¿qué significado físico será calcular el área bajo la curva?
- Realice la gráfica de aceleración contra tiempo para los dos grupos ¿qué puede deducir de estas dos graficas? ¿qué significado físico será calcular el área bajo la curva?

Fuente: El autor

## 4.2 Cuestionario (para profesores)

En el Anexo B, se relacionan una serie de preguntas, dirigidas a los profesores especialmente Licenciados de Física<sup>9</sup>, donde se podrá evidenciar su trabajo pedagógico en clase y su implementación de herramientas tecnológicas dentro y fuera de las aulas.

## 4.3 Análisis de resultados

El análisis de los resultados estará visto desde las tres situaciones experimentales propuestas y desarrolladas por parte de las estudiantes del Liceo Femenino Mercedes Nariño, jornada mañana de grado décimo y por parte del cuestionario contestado por 20 docentes de Física.

### 4.3.1 Por parte de las estudiantes

En la tabla 4-4 se dan los resultados en forma general de las tres prácticas desarrolladas en forma individual de las 130 estudiantes, antes de aplicar el programa Tracker aplicando el aprendizaje activo y después de aplicar el programa Tracker<sup>10</sup>.

**Tabla 4-4:** Resultados en forma general de las 130 estudiantes

Aplicando el método de aprendizaje activo, pero sin el programa Tracker <b>(Antes)</b>		Aplicando el método de aprendizaje activo, con el programa Tracker <b>(Después)</b>	
%	Descripción	%	Descripción
60	(78 estudiantes) relacionan en forma muy básica los conceptos de cinemática y dinámica.	92.3	(120 estudiantes) comprendieron al analizar y “ver” las distintas variables como se aplicaban a cada concepto.
8.1	(11 estudiantes) relacionan correctamente o muy bien las gráficas de velocidad, aceleración y distancia.	98.4	(128 estudiantes) relacionaron las variables involucradas, con la representación gráfica en el programa Tracker.
43	(56 estudiantes) relacionan parcialmente las diferentes variables con las que se trabajan	96.1	(125 estudiantes) por medio del programa Tracker, registraron un mejor conocimiento del

<sup>9</sup> Dado que hay Licenciados en Matemáticas o ingenieros de diferentes especialidades que enseñan Física.

<sup>10</sup> El método desarrollado para obtener los porcentajes fue realizar tablas con cada una de las preguntas en la respectiva guía de laboratorio y sumando la totalidad de cada uno de los ítems mostrados en la tabla 4-4.

	en las prácticas de laboratorio.		<i>comportamiento de las variables físicas (constante, lineal, aumenta, disminuye, etc.)</i>
74	(97 estudiantes) no colocan las diferentes variables físicas correctamente en los diagramas de cuerpo libre.	85.3	<i>(111 estudiantes) comprendieron colocar variables físicas en las diferentes situaciones planteadas dado que el programa Tracker visualizaba la representación de estos por medio de flechas.</i>
65.3	(85 estudiantes) no argumentan correctamente las diferentes situaciones planteadas en las prácticas de laboratorio.	90	<i>(117 estudiantes) argumentaban correctamente porque tenían ya bases sólidas para decir como era el comportamiento de una variable, ayudadas por las representaciones gráficas y toma de datos del programa Tracker.</i>
2.3	(3 estudiantes) no realizaron en su totalidad las tres prácticas de laboratorio (1 por salud y 2 por no asistir regularmente al colegio).	99.2	<i>(129 estudiantes) se motivaron a comprender como funcionaba el programa Tracker porque les pareció muy novedoso e interesante, dado que, de situaciones reales (videos) se analizaban lo que ellas mismas realizaban</i>

Fuente: El autor

Se puede concluir que de acuerdo con los resultados antes y después de la tabla 4-4, el programa Tracker, implementado como una herramienta de ayuda tecnológica, y aplicando el método de aprendizaje activo, ayuda de una manera más notable, evidenciando resultados favorables en el método de aprendizaje por parte de las estudiantes de grado décimo del Liceo Femenino “Mercedes Nariño”.

### 4.3.2 Por parte de los docentes

Se pudo evidenciar que los docentes en su gran mayoría (80%), no conocían sobre el programa Tracker, y el resto de docentes no lo aplicaba porque o no les parecía interesante o simplemente porque aplicaban otro método pedagógico para realizar y elaborar prácticas de laboratorio (prácticas tradicionales en manuales o libros).

El 75% de los docentes realiza prácticas de laboratorio, pero el 25% cree que no son importantes porque fundamentalmente lo que importa son los contenidos impartidos por ellos en clases magistrales (profesores con bastantes años de experiencia).

El 33% de los docentes que realizan prácticas de laboratorio no lo realiza con material didáctico, lo desarrollan con los materiales propios del colegio, como kits o materiales dotados para tal fin.

El 50% de los docentes a escuchado del aprendizaje activo (dado que de los 20 encuestados, 10 son estudiantes o fueron estudiantes de la Maestría en enseñanza, que ofrece la universidad Nacional), pero de este porcentaje solo el 30% (es decir tres profesores) aplican el método de aprendizaje en sus clases, el resto simplemente les parece interesante, pero se quedan con su forma de transmitir el conocimiento a sus estudiantes (es decir con el método tradicional).

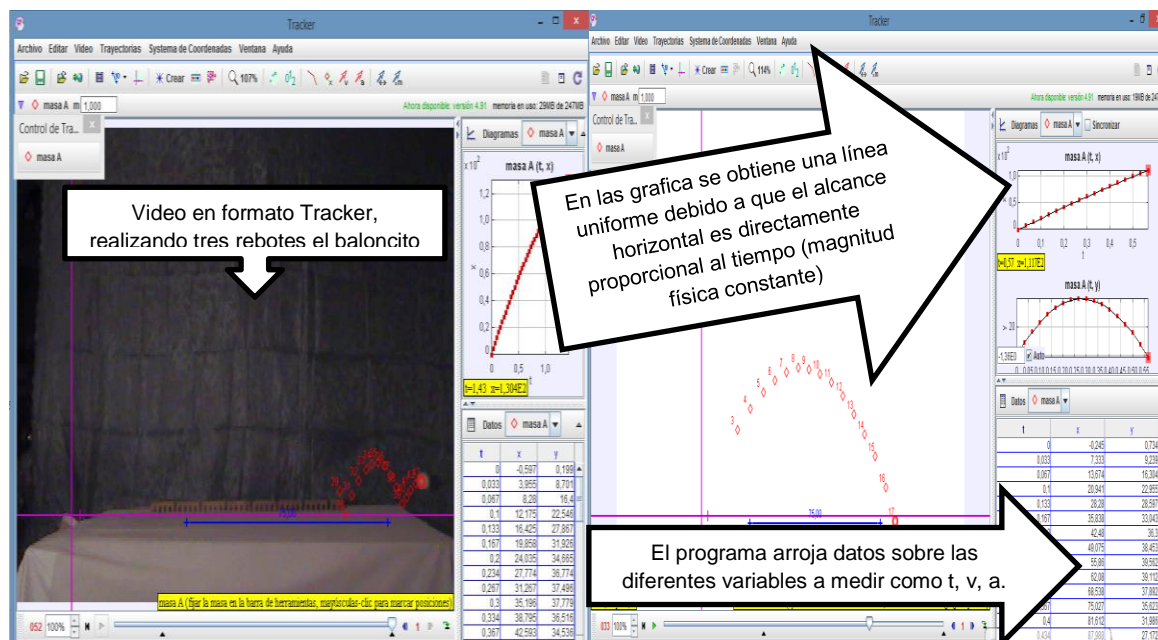
El 75% considera que son importantes las expresiones de afecto hacia sus estudiantes, porque hay una comunicación más asertiva y efectiva, en cambio 25% considera que simplemente cumple con su trabajo y no influyen estas relaciones de afecto en su labor pedagógica (maestros con bastantes años de experiencia).

## 4.4 Implementación del programa Tracker

Por medio del programa Tracker se realizaron las tres prácticas de laboratorio propuestas:

### 4.4.1 Con la primera practica de laboratorio (“Rebotar y rebotar”)

**Figura 4-1:** Video en formato Tracker y análisis de variables con el programa Tracker



Fuente: El autor

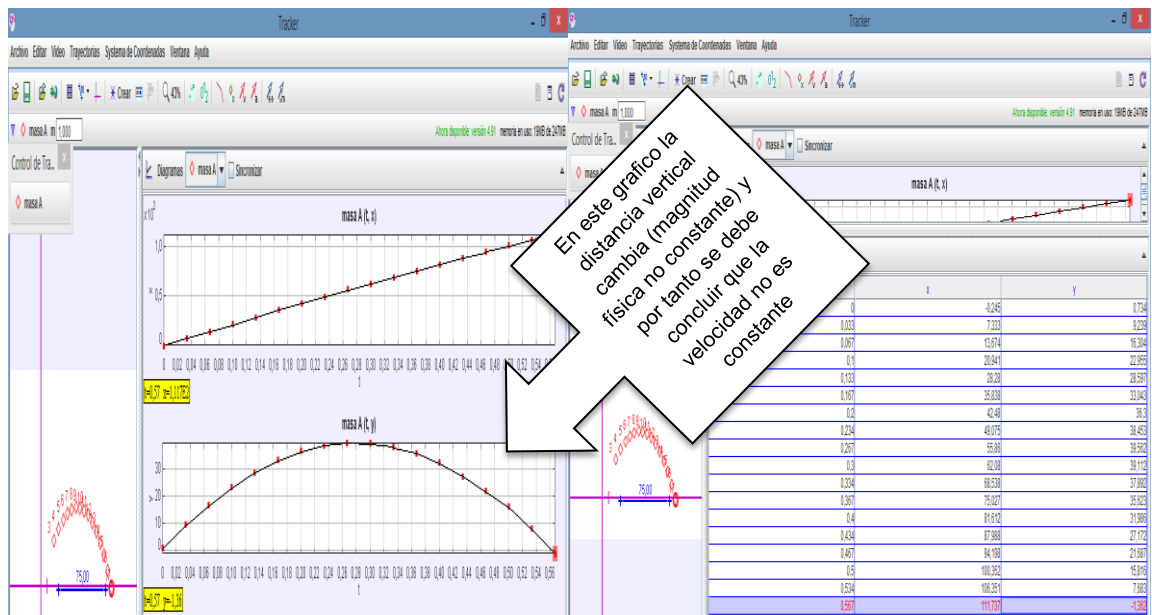
Para la primera actividad, “Rebotar y rebotar”, figura 4-1, se observa las trayectorias parabólicas seguidas por el baloncito que nos sirvió como proyectil rebotando en una mesa (en este caso realizando tres rebotes), en la parte derecha se evidencia el alcance para un rebote, y en la tabla 4-5 se toman tres datos representativos.

**Tabla 4-5:** Datos representativos con un solo golpe del baloncito

Dato	Tiempo (s)	Distancia (cm)		Velocidad (cm/s)			Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )		
		En x	En y	En x	En y	Total	En x	En y	Total
Cuando sale	0	-0.245	0.73	-	-	-	-	-	-
En la mitad de la trayectoria	0.3	62.08	39.11	189.98	-25.02	191.62	-45.5	-965.7	966.7
Cuando golpea	0.53	112	7.68	170.6	-257	308.8	-	-	-

Fuente: El autor y programa Tracker

**Figura 4-2:** Graficas de distancia en eje X y eje Y contra el tiempo y sus respectivos valores numéricos (para un solo rebote)



Fuente: El autor y programa Tracker

Los resultados de las gráficas en la figura 4-2, evidencian que: la distancia x aumenta linealmente con el tiempo (velocidad constante en el eje x), la distancia en el eje y disminuye (curva hacia arriba) y luego aumenta (curva hacia abajo).

En la tabla 4-6, se registran los datos cuando la pelotica golpea dos veces (No se representa el gráfico).

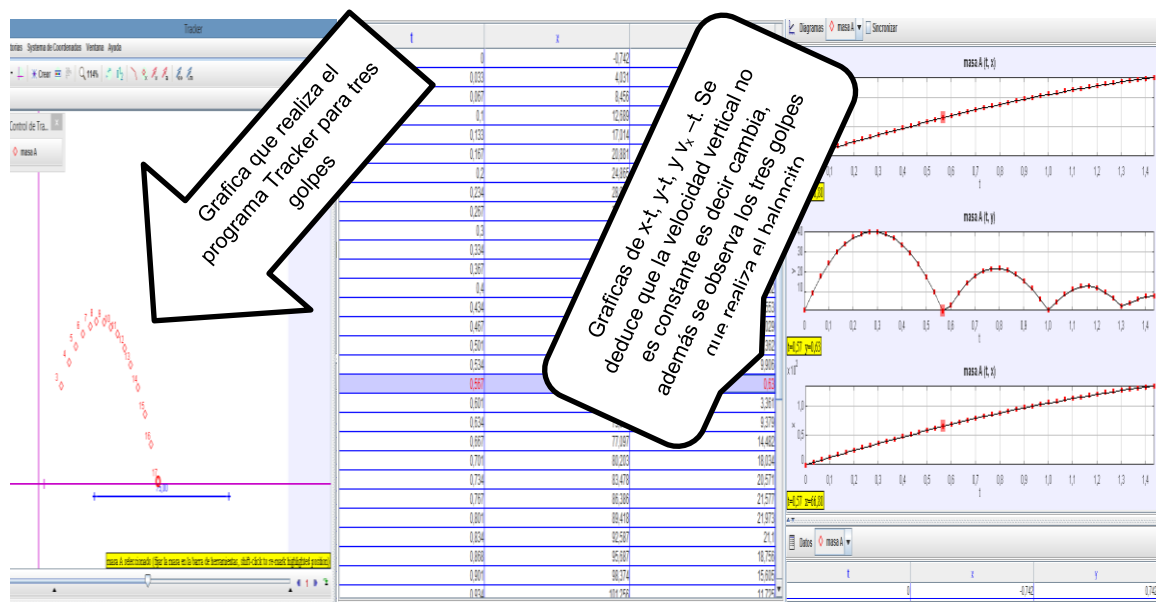
**Tabla 4-6:** Datos representativos con dos golpes del baloncito

Dato	Tiempo (s)	Distancia (cm)		Velocidad (cm/s)			Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )		
		En x	En y	En x	En y	Total	En x	En y	Total
Cuando sale	0	0.4	1.4	-	-	-	-	-	-
En el primer golpe	0.56	80.18	-2.31	116.4	-47.9	125.9	-118.3	4773	4774
El segundo golpe	0.96	120	0.66	97.1	-91.3	133.3	-6.89	2527	2528

Fuente: El autor y programa Tracker

De las tablas 4-5 y 4-6 se puede inferir que: los alcances horizontales para cada golpe es casi el mismo, la diferencia (5%) es por menos de 8 cm; la velocidad disminuye en cada rebote, dado que la velocidad en un solo rebote es de 308.8 cm/s y 133.3 cm/s, es decir que se pierde energía (43%) en el choque del baloncito con la mesa. Observando también el tiempo se puede decir que a medida que se producen más rebotes aumenta el tiempo para llegar al mismo alcance horizontal, 0.53 s y 0.96 s.

En la tabla 4-7, se representa el movimiento de baloncito cuando realiza tres golpes, y se representan los valores de distancia en el eje x, en el eje y la velocidad resultante.

**Figura 4-3:** Grafica, valores de alturas para el eje x, el eje y, velocidad y las gráficas correspondientes para tres golpes del baloncito

**Tabla 4-7:** Datos representativos para tres golpes del baloncito

Dato	Tiempo (s)	Distancia (cm)		Velocidad (cm/s)			Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )		
		En x	En y	En x	En y	Total	En x	En y	Total
Cuando sale	0	-0.597	0.199	-	-	-	-	-	-
En el primer golpe	0.567	64.1	-0.7	99.29	-81.6	128.5	-148.9	4965	4967
En el segundo golpe	1.0	102.3	0.153	67.9	-16.44	69.8	-80.4	3382	3383
En el tercer golpe	1.03	123.2	2.5	58.05	-34.5	67.5	-216	1873	1886

Fuente: El autor y programa Tracker

Del gráfico, los datos y las respectivas gráficas relacionados en la figura 4-3 y tabla 4-7, se analiza que las alturas en cada golpe disminuyen, por ende la energía se sigue disipando en los choques con la mesa, el alcance horizontal aumento en 3.2 cm, pero no aumento considerablemente (2.6%), el tiempo para el tercer rebote aumento pero no lo hizo tan abruptamente como lo hizo en el primer y segundo rebote (0.53 s para el primer rebote, 0.96 s para el segundo rebote y 1.03 s para el tercer rebote).

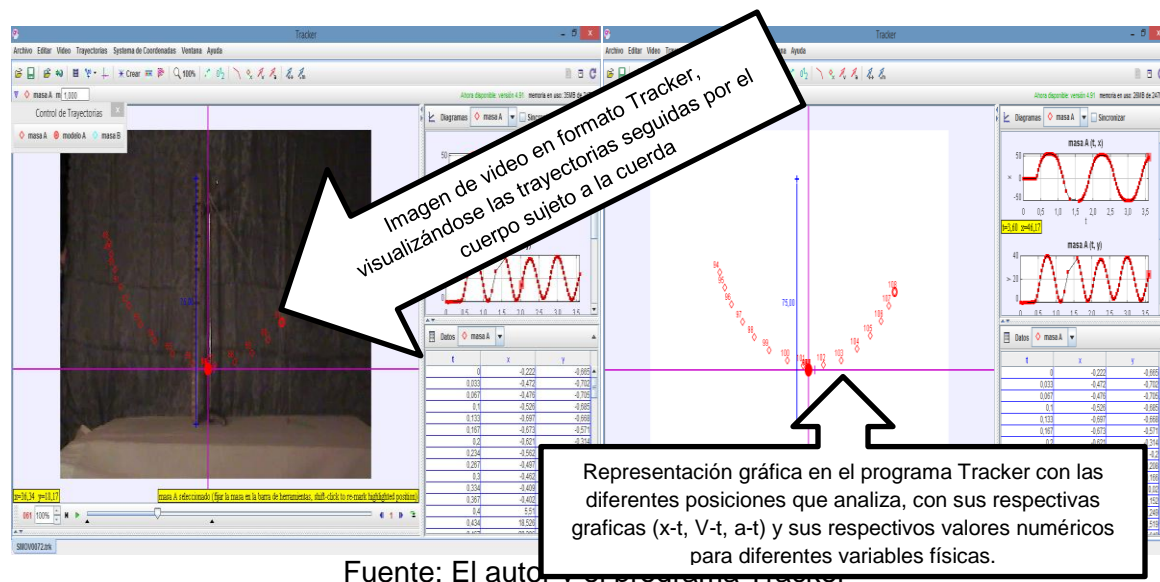
Se puede concluir a nivel general, que en esta primera practica de laboratorio denominada “Rebotar y rebotar”, las velocidades iniciales se aproximan a ser constantes en cada lanzamiento, el alcance horizontal es muy cercano, las alturas generadas por cada rebote son cada vez menores porque se disipa la energía en los choques sucesivos con la mesa y los tiempos para cada rebote aumenta, al principio notablemente pero cada vez las diferencias de tiempos es menor.

#### 4.4.2 Con la segunda practica de laboratorio (“¿Cómo en un columpio?”)

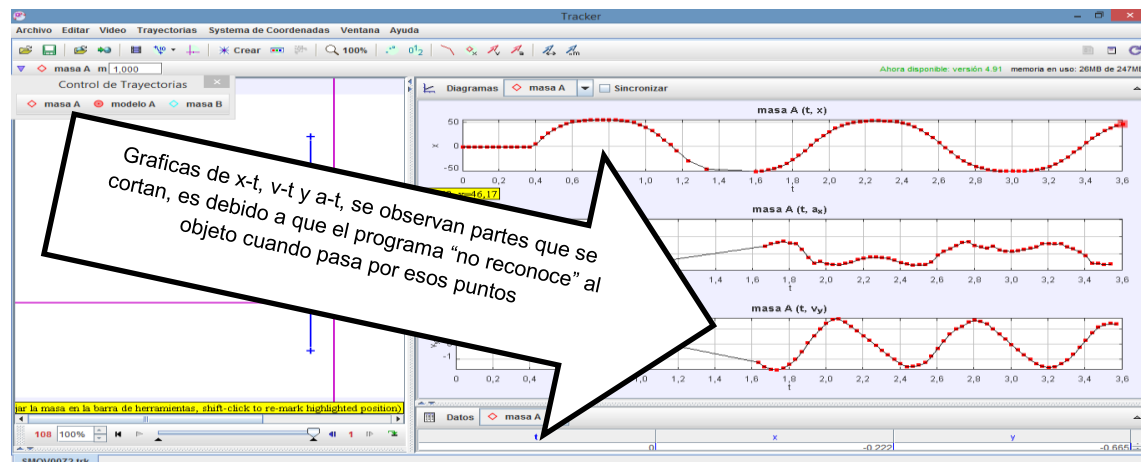
En la figura 4-4, se observa la disposición experimental planteada (video en formato Tracker) y las gráficas obtenidas por el mismo programa. En el formato Tracker se observa un péndulo, generando su movimiento de vaivén, por el choque entre el péndulo y un dardo.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> no se observa el dispositivo con el cual se generó el movimiento en el péndulo, dado que no es crucial en el análisis, pero es una pistola de juguete con un dardo, que al accionar el gatillo golpea el dardo al péndulo

**Figura 4-4:** Disposición experimental y análisis del programa Tracker

Se puede analizar que las trayectorias no son rectilíneas, sino curvas, específicamente circular (dado que la cuerda es como el radio para la semi-circunferencia), además la posición, velocidad y aceleración no son constantes, es decir que van cambiando a medida que se mueve el objeto, aclarando que hay partes de las gráficas que son positivas y negativas, dado el carácter vectorial de las tres variables físicas en mención, además que hay puntos en los cuales las gráficas no suben o bajan más y serán los puntos de retorno en el péndulo, dado que la velocidad es cero en los puntos más altos que alcanza el péndulo y la aceleración máxima en estos puntos, en tanto que cuando cruza el péndulo la parte central la velocidad se hace máxima y la aceleración cero.

**Figura 4-5:** Representación por medio del programa Tracker, para el movimiento de un péndulo, para las variables posición (x), aceleración ( $a_x$ ) y velocidad ( $V_y$ )

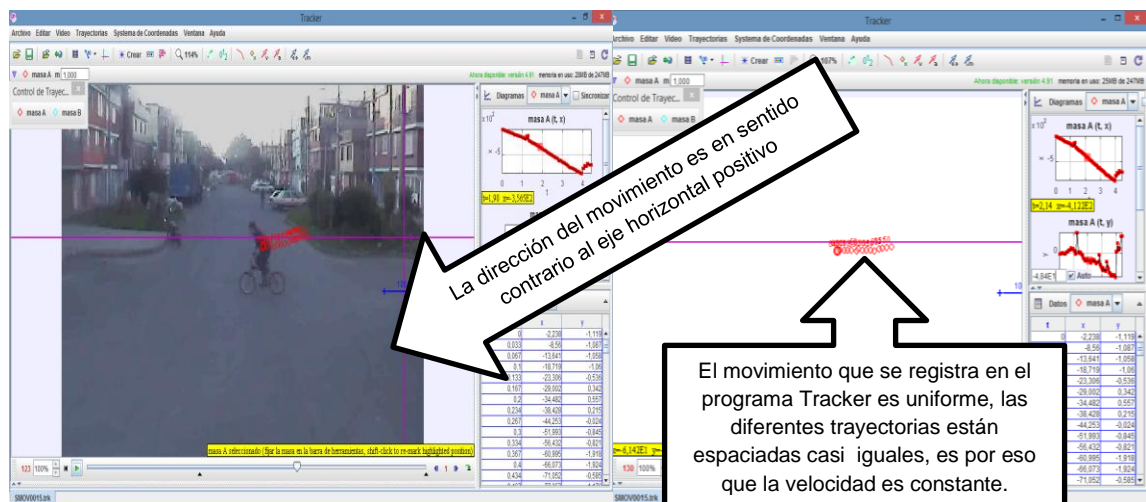


En la figura 4-5, la posición varía no linealmente, aumentando y disminuyendo, pasando por su punto central, ( $x = 0$ ). La grafica de aceleración no es tan clara, pero se puede distinguir que también está cambiando, no linealmente y por parte de la velocidad, también está cambiando no linealmente. Lo que se quiere demostrar con esta práctica de laboratorio, es como el choque de un objeto (dardo) modifica o produce el movimiento en el péndulo, cambiando su velocidad de cero a máxima, por las variables que intervienen en esta situación como lo es la masa y la velocidad del objeto, es decir por la cantidad de movimiento, generando en el péndulo cambios de posición, velocidad y aceleración. Si cambiáramos de dardo por uno más pequeño o de menor masa, las diferencias de posición, velocidad y aceleración serían notorias en el péndulo, dado que la cantidad de movimiento que se genera depende de la masa del dardo, y si por el contrario, la masa del péndulo la cambiáramos por una pequeña, los cambios de posición, velocidad y aceleración también serían notorios. En general para cambiar de posición al péndulo dependerá de las variables físicas de masa, tanto para el péndulo como para el dardo y desde luego la velocidad, que en este caso depende solamente del dardo, dado que la velocidad del péndulo al iniciar su movimiento es cero.

#### 4.4.3 Con la tercera practica de laboratorio (“Montando bici”)

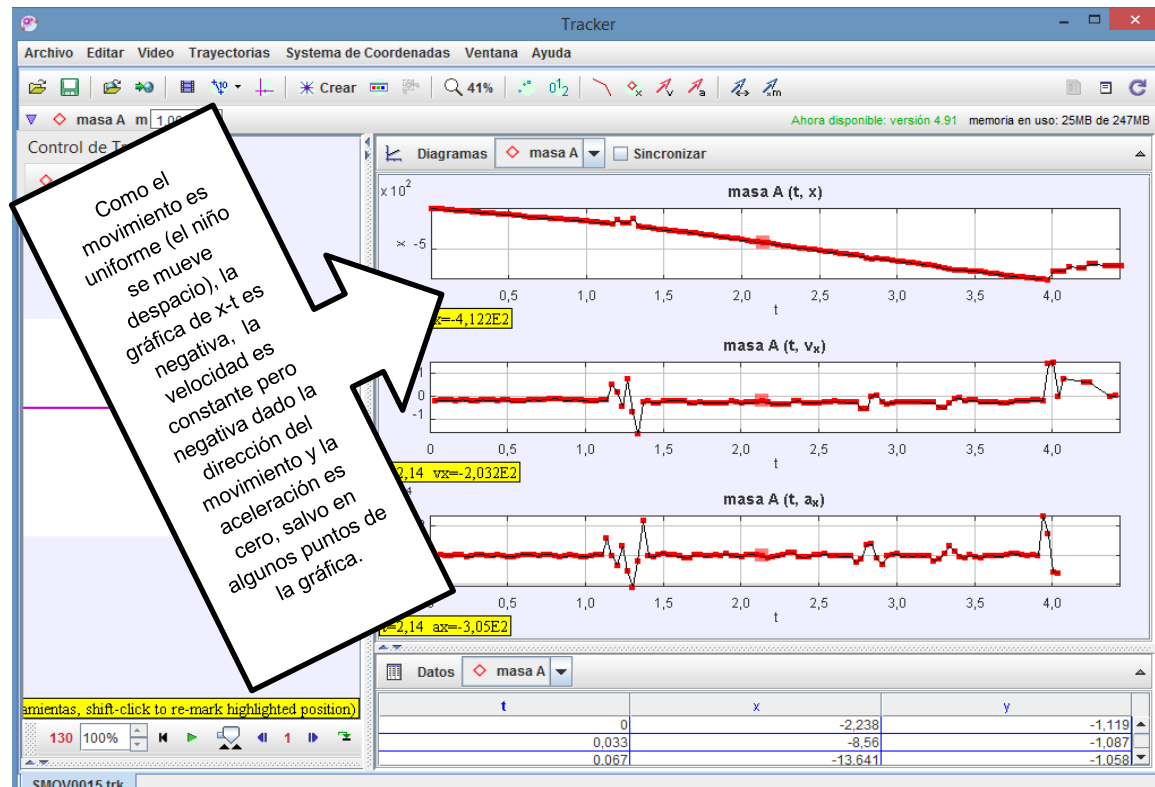
En la figura 4-6, se observa la disposición experimental planteada (video en formato Tracker) y las gráficas obtenidas por el mismo programa. En el formato Tracker se observa un niño montando en su bicicleta, moviéndose constantemente, es decir, no se mueve más rápido o cambia repentinamente de velocidad y dirección. Previamente se habían medido distancias de dos metros en el suelo (no se observan en la figura) y tomar los tiempos en cada intervalo de estos y se procede de acuerdo con lo planteado en la tercera guía de laboratorio “Montando bici”.

**Figura 4-6:** Imagen del video en formato Tracker y su respectivo análisis gráfico con el mismo programa.



Fuente: el autor y programa Tracker

**Figura 4-7:** Análisis por medio del programa Tracker, de la posición ( $x$ ), velocidad ( $v$ ) y aceleración ( $a$ ).



Fuente: El autor y el programa Tracker

En el análisis de la figura 4-7, se evidencia en el gráfico de posición-tiempo ( $t, x$ ) la posición a medida que avanza el tiempo es negativa, dado que el niño se mueve de derecha a izquierda y el programa Tracker lo analiza como una distancia negativa. En el gráfico de velocidad, esta es pequeña dado que el movimiento es lento por parte del niño, negativa por el carácter vectorial de la velocidad y además es constante en la mayoría de la trayectoria (línea recta) y cambia solamente cuando se produce el nuevo pedaleo del niño en la bicicleta. Por parte de la gráfica de aceleración contra tiempo ( $t, a$ ) se evidencia que la aceleración es cero, dado que no hay un cambio en la velocidad (rapidez constante y en la misma dirección) y los cambios en esta se debe a los nuevos pedaleos del niño en su bicicleta.

En esta práctica de laboratorio se pretende demostrar que la dirección de un movimiento determina las gráficas de posición, velocidad y aceleración (no es lo mismo avanzar que retroceder) y que dependiendo de cómo se mueva el objeto, más rápido o lento o igual en cada momento, sus tres graficas respectivas no serán las mismas, además si se producen cambios en la velocidad y/o aceleración es porque alguna variable física de estas cambia.

# Conclusiones y recomendaciones

## 5.1 Conclusiones

- La introducción de las nuevas tecnologías en la educación va más allá de ser un fenómeno tecnológico, para convertirse en una necesidad impuesta por el desarrollo, en donde los docentes se deben capacitar de forma constante para que no se presenten brechas pedagógicas. La resistencia que aun ofrecen algunos profesores al incorporar nuevos estilos de enseñanza a su metodología de trabajo, obedece fundamentalmente su orientación tradicionalista y conductista tan marcada que se les dificulta el contemplar nuevas posibilidades de acción, donde todavía se hace énfasis en la resolución de problemas o desarrollos matemáticos.
- En el caso de la implementación del programa Tracker como herramienta didáctica, se evidencio fuertemente en las estudiantes del Liceo Femenino, la construcción y comprensión de los conceptos que se involucraron en las tres prácticas de laboratorio, ya que se generaron ambientes agradables y favorables para el aprendizaje. Las estudiantes se sintieron en un ambiente más cómodo a sus interés y gustos, más afectivo, lo que genero en ellas un cambio notable de actitud ante su proceso de formación, en sus hábitos de estudio, a su participación en clase, al trabajo en grupo, el fortalecimiento de los procesos de comunicación y desde luego los procesos de enseñanza-aprendizaje.
- En el método de aprendizaje activo, el eje fundamental es el estudiante, pero para ellos, comenzar a pensar de otra forma, que el profesor ya no es la fuente del conocimiento que lo imparte como en una clase tradicional, le crea conflictos, el pensar por ellos mismos, y convencer a los demás integrantes del grupo los cuestiona y pone en duda sus “conocimientos” del tema desarrollado.
- Las guías o prácticas de laboratorio son propuestas metodológicas para lograr una mayor apropiación y asimilación de teorías y conceptos por parte de los estudiantes, donde el docente debe prepáralas cuidadosamente y deben estar sujetas a posibles modificaciones cuando sus resultados no son los adecuados o esperados.

## 5.2 Recomendaciones

- Queda abierta la ventana para que los docentes trabajen diferentes herramientas tecnológicas, entre la que se propone en este trabajo, el Tracker, como una herramienta más en el quehacer pedagógico, en el conocerlo como funciona y difundirlo a los demás maestros.
- En este trabajo se implementó en un tema especialmente, la mecánica clásica, desarrollando tres actividades experimentales, pero se sugiere que se apliquen a diferentes temáticas de la Física o se planteen otros experimentos.
- Debido a algunas limitaciones tecnológicas, en el colegio donde se aplicó el programa, se recomienda a los docentes que quieran seguir desarrollando esta herramienta pedagógica, pedir a los respectivos directivos docentes con anterioridad un rubro dentro del presupuesto para la compra de portátiles, o cámaras de video, para realizar los análisis y tomas de video de manera más eficiente por parte de los estudiantes, dado que algunas estudiantes no contaban con estos implementos en sus casas y les tocaba pedirlo a las demás que si lo tenían. También por la inseguridad del lugar donde está ubicado el colegio, las estudiantes manifestaban que sus padres no les permitían fácilmente traer estos elementos tecnológicos al colegio.

# Anexo A: Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales de grado décimo a undécimo

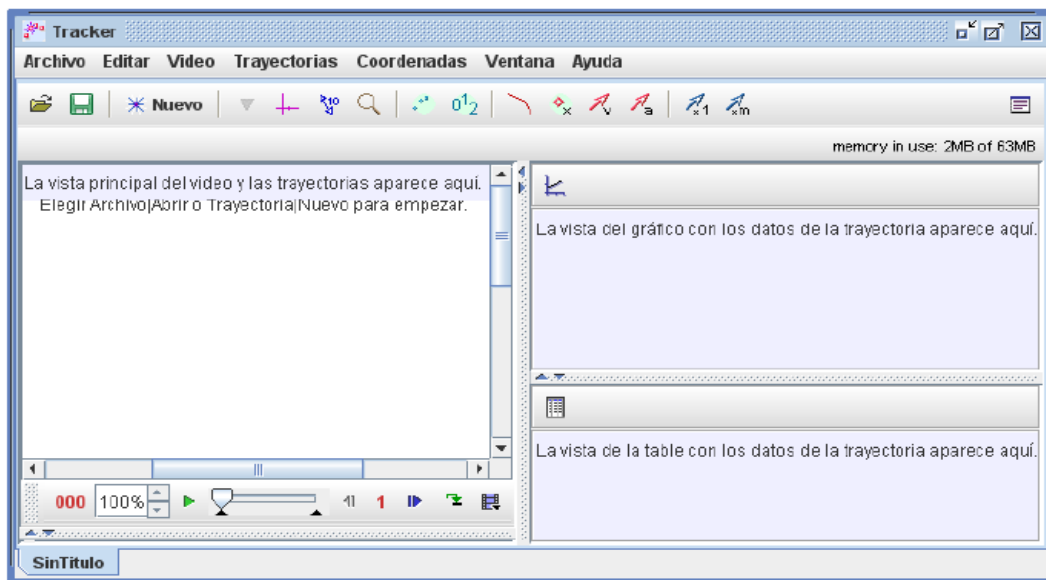
<p><i>Al final de undécimo grado...</i></p> <p>► Explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas.</p> <p>► Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico.</p>		
<p>...me aproximo al conocimiento como científico(a) natural</p>	... manejo conocimientos	
	Entorno vivo	
	Procesos biológicos	Procesos químicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas.</li> <li>• Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos.</li> <li>• Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento.</li> <li>• Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones.</li> <li>• Realizo mediciones con instrumentos y equipos adecuados.</li> <li>• Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.</li> <li>• Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna.</li> <li>• Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia.</li> <li>• Establezco diferencias entre modelos, teorías, leyes e hipótesis.</li> <li>• Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones.</li> <li>• Busco información en diferentes fuentes, escojo la pertinente y doy el crédito correspondiente.</li> <li>• Establezco relaciones causales y multicausales entre los datos recopilados.</li> <li>• Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones.</li> <li>• Interpreto los resultados teniendo en cuenta el orden de magnitud del error experimental.</li> <li>• Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados.</li> <li>• Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas.</li> <li>• Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otros y con las de teorías científicas.</li> <li>• Comunico el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas, ecuaciones aritméticas y algebraicas.</li> <li>• Relaciono mis conclusiones con las presentadas por otros autores y formulo nuevas preguntas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explico la relación entre el ADN, el ambiente y la diversidad de los seres vivos.</li> <li>• Establezco relaciones entre mutación, selección natural y herencia.</li> <li>• Comparo casos en especies actuales que ilustren diferentes acciones de la selección natural.</li> <li>• Explico las relaciones entre materia y energía en las cadenas alimentarias.</li> <li>• Argumento la importancia de la fotosíntesis como un proceso de conversión de energía necesaria para organismos aerobios.</li> <li>• Busco ejemplos de principios termodinámicos en algunos ecosistemas.</li> <li>• Identifico y explico ejemplos del modelo de mecánica de fluidos en los seres vivos.</li> <li>• Explico el funcionamiento de neuronas a partir de modelos químicos y eléctricos.</li> <li>• Relaciono los ciclos del agua y de los elementos con la energía de los ecosistemas.</li> <li>• Explico diversos tipos de relaciones entre especies en los ecosistemas.</li> <li>• Establezco relaciones entre individuo, población, comunidad y ecosistema.</li> <li>• Explico y comparo algunas adaptaciones de seres vivos en ecosistemas del mundo y de Colombia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías.</li> <li>• Explico la obtención de energía nuclear a partir de la alteración de la estructura del átomo.</li> <li>• Identifico cambios químicos en la vida cotidiana y en el ambiente.</li> <li>• Explico los cambios químicos desde diferentes modelos.</li> <li>• Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza.</li> <li>• Verifico el efecto de presión y temperatura en los cambios químicos.</li> <li>• Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos.</li> <li>• Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos.</li> <li>• Identifico condiciones para controlar la velocidad de cambios químicos.</li> <li>• Caracterizo cambios químicos en condiciones de equilibrio.</li> <li>• Relaciono la estructura del carbono con la formación de moléculas orgánicas.</li> <li>• Relaciono grupos funcionales con las propiedades físicas y químicas de las sustancias.</li> <li>• Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano.</li> </ul>

Fuente: Ministerio de Educación Nacional

## Anexo B: Manejo del programa Tracker

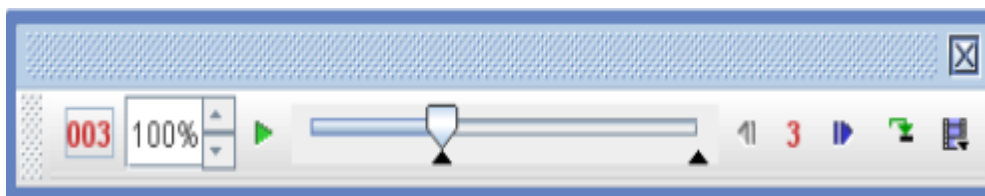
Cuando se descargue *Tracker*, y se abra el programa por primera vez este aparece como se muestra en la figura.

Figura: página principal del programa Tracker



- Abrir un video o un archivo *Tracker*: Presionar el ítem del menú File/Open y seleccionar un video QuickTime (.mov) o un archivo *Tracker* para abrirlo. Otros tipos de video pueden ser abiertos siempre y cuando QuickTime pueda reproducirlos. También se pueden abrir archivos de imágenes (.jpg,.gif,.png) o pegar una imagen desde el *clipboard* (sujetapapeles virtual).
- Identifica los cuadros (video clip) que se desea analizar: Desplegar la configuración del video presionando el botón clip setting que está a la derecha del reproductor como se muestra en la figura.

Figura: Configuración del video



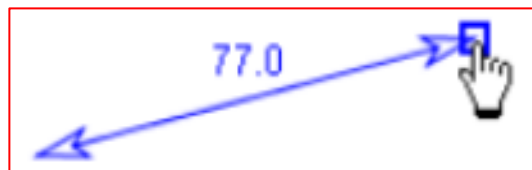
En la ventana *Clip Setting* fija los cuadros del comienzo (*Start frame*) y el final (*End frame*) que se desea analizar. Se puede arrastrar el deslizador del reproductor para escanear y encontrar rápidamente los cuadros de interés. Si el video contiene demasiados cuadros para analizar (más de 20 por ejemplo), se puede aumentar el *Step Size* para saltar automáticamente los cuadros, como se puede observar en la figura 3-4.

Figura: Ajustes del corte de video



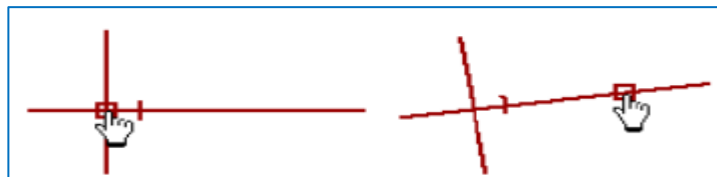
- Calibrar la escala: Presionando el botón *Tape Measure* para mostrar la medida de la cinta de video. Arrastrar los dos extremos de la cinta a posiciones que sean globalmente conocidas (por ejemplo, los extremos de una regla, de un metro u otro objeto de dimensiones conocidas en la imagen del video). Luego presionar la lectura de la cinta e ingresar el dato de la distancia conocida. En la figura se coloca el mouse en la flecha y previamente medida la longitud, se coloca el dato numérico de la medición.

Figura: Calibración de la escala



- Fijar el cuadro de referencia de origen y el ángulo: Se presiona el botón *Axes* para mostrar los ejes coordenados. Arrastrando el origen y/o el eje x para fijar el cuadro de referencia y el ángulo. La escala de video junto con el cuadro de referencia y el ángulo definen únicamente un sistema coordenado que convierte posiciones de imágenes en píxeles a una escala de coordenadas globales. En algunos videos las propiedades del sistema coordenado pueden variar de un cuadro al siguiente (por ejemplo, si la cámara hace un acercamiento la escala variara). En la figura, se visualiza los ejes coordenados y como se puede variar el ángulo para cualquier eje x o y.

Figura: Fijación del cuadro de referencia y el ángulo



- Seguimiento de objetos de interés con el mouse o el modelador de partículas: Presionando el botón Nuevo para mostrar el botón de rastreo. Luego se presiona el botón New y se elige algún tipo de rastreo en el menú de opciones. La mayoría de los objetos móviles son seguidos usando un rastreo Punto de Masa o se modelan usando el rastreo Dynamic Particle Model. En la figura, aparece la ventana Nuevo donde se puede observar en la última opción Dynamic Particle Model.

Figura: Ventana de ayuda para seguimiento de la partícula



Si se quiere hacer seguimiento a un objeto marca su posición en cada cuadro presionando la tecla Shift y al mismo tiempo presiona el botón derecho del mouse (sobre el indicador en forma de cruz) a medida que el video automáticamente avanza a través del video clip. Es preferiblemente no saltarse cuadros en el video, porque las velocidades y aceleraciones no se determinarían. Se puede ajustar la posición seleccionada arrastrándola con el mouse o se puede marcar la posición y moverla con la flecha punteada. Presionando el botón derecho del mouse para hacer un aumento y así obtener una mejor definición en la imagen. Se señala el objeto que se quiere seguir formándose una cruz sobre dicho objeto (masa puntual).

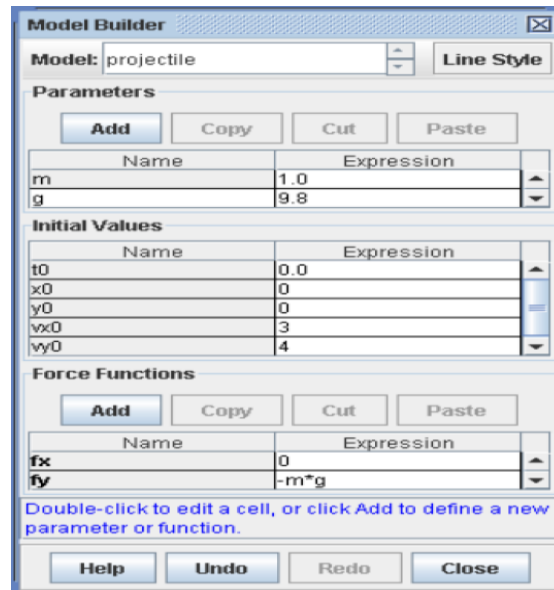
Figura: Seguimiento a un objeto, marcando la posición



Si se quiere modelar un objeto ingresa los valores y expresiones en el *Model Builder* (constructor de modelos), como se muestra en la figura, la partícula se dibujara a sí misma en el video cuando este se ejecute.

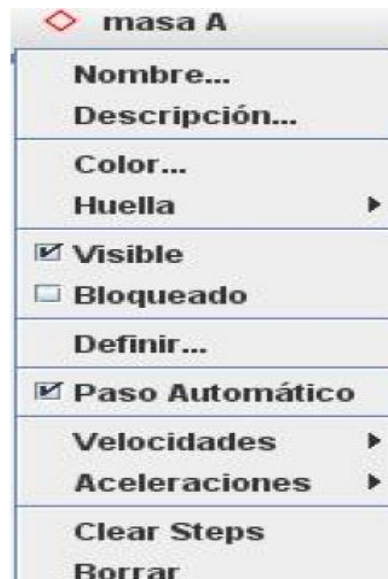


Figura: Cuadro para crear un objeto, ingresando valores y expresiones



Para cambiar el nombre y la apariencia de una pista (*Track*) dando clic al botón *Track*, desde el menú de la ventana emergente. Otros botones de seguimiento permiten mostrar u ocultar las trayectorias recorridas, los rótulos, vectores de velocidad y aceleración. Se puede seleccionar una ventana emergente donde se puede cambiar las características del objeto, color, paso automático, etc.

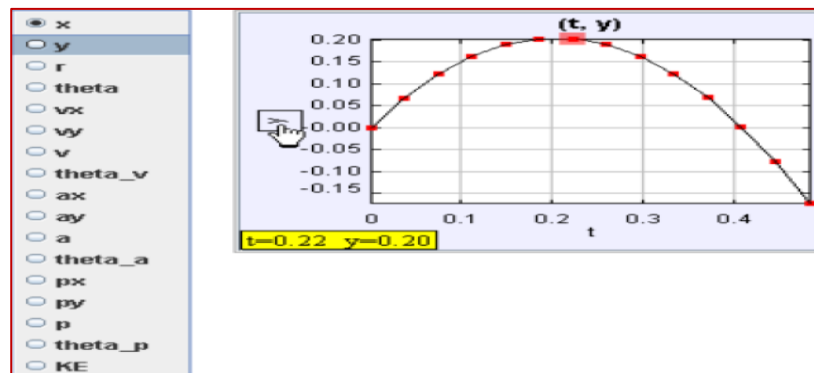
Figura: Ventana emergente



- Trazar y analizar las trayectorias: El *Plot View* muestra gráficos de datos de *Track*. Se da clic en el rótulo X o Y para cambiar las variables en ese eje. Para trazar

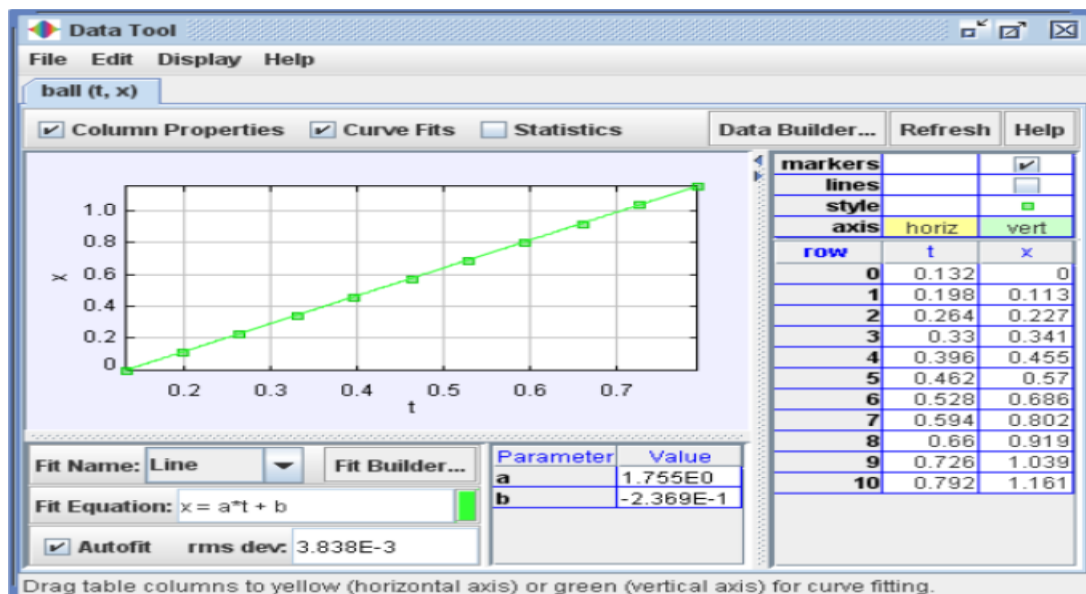
múltiples gráficos se presiona el botón *Plots* y se selecciona el número deseado. Dando clic en el botón derecho del mouse sobre un trazo (trayectoria del objeto) para acceder a opciones de visualización y análisis en una ventana emergente. En la ventana emergente, las opciones de mayor análisis disponibles son Define... y Analyze... En la figura, se observa la cantidad de variables que se pueden medir ubicadas en la parte izquierda y en la parte derecha la respectiva grafica (en este caso el movimiento de proyectiles).

Figura: Grafico de las diferentes variables y la trayectoria seguida por el objeto de estudio.



- En el cuadro Analyze... muestra una herramienta de trabajo (*Data tool*) con estadísticas, ajustes de curvas y otras capacidades de análisis. Si se quiere se puede obtener ayuda usando en el cuadro *Data Tool* (herramienta de datos), dando clic en el botón de Help. En la figura, se observa la gráfica que se obtiene al analizar la variable X contra la variable T y sus respectivos datos numéricos para estas variables, por medio de una tabla de datos.

Figura: Cuadro de herramienta de trabajo



- Guardar el trabajo en un archivo *Tracker* (.tkr): Para guardar un trabajo en Tracker

se hace clic en el botón Save (Guardar) o en el recuadro del menú File/Save as... El video quedara guardado en una extensión .trk basado en in código XML. Cuando se abre un archivo tracker previamente guardado, Tracker lo carga, configura las propiedades del sistema coordinado, reconstruye todas las pistas (*tracks*), variables comunes y vistas.

- Traspasar información de seguimiento (de un track) a una planilla: I Data Table view muestra información de seguimiento en una tabla. Para cambiar las variables incluidas en la tabla se da clic en el botón Data y se selecciona las variables que se quiera mostrar. Los datos se pueden traspasar fácilmente copiando y pegando a una planilla u otra aplicación. Para copiar selecciona los datos deseados en la tabla, y luego se da clic con el botón derecho del mouse.
- Imprimir o copiar/pegar imágenes para reportes: Se puede imprimir o copiar una imagen completa o individual de un cuadro en Tracker, se elige el cuadro File/Print Frame...Que se encuentra en el menú. Para imprimir una cosa en particular se presiona el botón derecho del mouse y se elige de la ventana emergente el botón Print...Para copiar una imagen se elige la vista deseada desde el menú Edit/Copy Image o se puede hacer clic en el botón derecho en la imagen y seleccionar Copy Image. En la figura se puede ver, como acceder a la opción de copiar los datos, imprimir, analizar, definir, etc.

Figura: Ventana con las diferentes opciones de copiar datos, copiar imagen, etc.

disco rojo				Datos	Copiar Datos
t	x	y	θr		Copia Imagen
0	4,178	-21,597	-1,38		Capturar Imagen
0,924	33,166	-16,655	-0,465		Definir...
0,132	7,998	-15,935	-1,106		Analizar
0,792	28,832	-13,538	-0,439		Imprimir...
0,66	24,481	-10,499	-0,405		Ayuda...
0,264	11,869	-10,387	-0,719		
0,528	20,092	-7,337	-0,35		
0,396	15,748	-4,902	-0,302		

## Anexo C: Cuestionario para docentes

<p style="text-align: center;"><b>CUESTIONARIO A DOCENTES</b> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>MAESTRIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES</b></p> <p>Respetados colegas:</p> <p>Sea esta la oportunidad para extender mis felicitaciones por su ardua labor y agradecer sus valiosos aportes al presente trabajo.</p> <p>En el marco de la enseñanza de la Física y de la implementación de nuevas tecnologías en el aula, se plantea el siguiente cuestionario con la finalidad de caracterizar las concepciones de los docentes en relación como imparten su clase de Física y la posible aplicación de herramientas tecnológicas por parte de ustedes. La información suministrada en este instrumento es confidencial y solo será utilizada en el proceso metodológico de la investigación.</p> <p><b>I. IDENTIFICACIÓN</b></p> <p><b>Institución Educativa:</b> _____ <b>Fecha:</b> _____</p> <p><b>Cargo que desempeña:</b> _____ <b>Asignatura:</b> _____</p> <p><b>Estudios de Posgrado:</b> Si _____ No _____ Cuál: _____</p> <p><b>Experiencia Docente:</b> 2 Años__ Entre 3 y 5 años__ Entre 6 y 10 años__ Más de 11 años__</p> <p><i>Por favor responda y argumente las siguientes preguntas, con base en su experiencia y conocimiento.</i></p> <p><b>II. EN SU CLASE DE FÍSICA</b></p> <p>✓ ¿Realiza prácticas de laboratorio a sus estudiantes y usted las considera importantes en el método de la enseñanza-aprendizaje?: _____ _____</p> <p>✓ ¿Prioriza las formulaciones matemáticas a la de los conceptos físicos?: _____ _____</p> <p>✓ ¿Utiliza usted algún tipo de material didáctico?, de ser afirmativa su respuesta, ¿qué utiliza y cuál es su finalidad para su clase? Y ¿con cuanta frecuencia utiliza este material didáctico? _____ _____</p>
---

- ✓ ¿Cómo cree usted que deben ser las relaciones entre estudiante-maestro?  
\_\_\_\_\_
- ✓ ¿Para usted es más importante la evaluación, que los procesos desarrollados por parte de los estudiantes? ¿Y qué porcentaje les daría a cada uno?  
\_\_\_\_\_
- ✓ ¿Valora los conceptos que tienen los estudiantes al tratar de explicar los fenómenos naturales, especialmente los físicos?  
\_\_\_\_\_
- ✓ ¿Ha escuchado y/o aplicado el método de aprendizaje activo? Si su respuesta es afirmativa ¿puede dar una breve explicación de que es el método de aprendizaje activo?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### III. IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN SU CLASE

- ✓ ¿Aplica alguna herramienta tecnológica en su clase de Física? ¿cuál y por qué?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ✓ ¿Tiene aula virtual o blog o página web? ¿Cuál cree que es la finalidad de cada una de estas herramientas?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ✓ ¿Ha escuchado acerca del programa Tracker? si su respuesta es afirmativa, ¿lo ha aplicado? ¿en que situaciones en particular lo ha aplicado? ¿lo recomendaría a otros docentes y por qué?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Comentarios:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

***¡GRACIAS POR SUS APORTES!***

Fuente: El autor

# Bibliografía

- [1] Álvarez M, Juan (2001) Evaluar para conocer, examinar para excluir. Colecciones Razones y Propuestas Educativas. Ediciones Morata, Madrid.
- [2] Barbosa, L. H (2003) Revista Colombiana de Física, 35, PP. 95-98, Disponible en: <http://calima.univalle.edu.co/revista/vol1351/resumenes/3501095.htm>, citado el 16 de agosto de 2007.
- [3] Benegas, J. y Villegas, M. (2011) Influencia del texto y el contexto en la Resolución de Problemas de Física. Latin American Journal of Physics Education, 5 (1), 217-224.
- [4] Cañal, Pedro (2007) La Investigación Escolar, Hoy. España: Revista Alambique No. 52 pág. 9-19 Abril.
- [5] Díaz, F. y Hernández, G (2002) Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una visión constructivista. México: Mc Graw Hill.
- [6] Evaluación y Didáctica de las Ciencias Naturales (2010). Secretaria de Educación de Bogotá. Colombia: Editorial Magisterio.
- [7] Fernández G, José (1996) Investigación Sobre Modelos Didácticos en Ciencias Experimentales. Chile: Actas de los XVII Encuentros de Didáctica de las ciencias experimentales. Pág. 111-116.
- [8] Flórez, Rafael (1999) Enseñabilidad y pedagogía. Conferencia Tunja.
- [9] Gómez, Jairo (1999) La hibridación de saberes en la escuela, en Revista Pedagogía y Saberes No. 13, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá D.C.
- [10] Gómez, Pedro (1995) Profesor No Entiendo. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- [11] Grissolle, Juan (2009) El Bazar Pedagógico. Un ensayo sobre la pedagogía del amor. Barú Editores, Bogotá.
- [12] López R, Francisco (2005) Cómo Estudiar Física, Guía Para Estudiantes. España: Vicens-Vives.

- [13] Manual de convivencia (2014) Institución educativa Distrital Liceo Femenino "Mercedes Nariño".
- [14] Mellado, Vicente (2002) El Psicopedagogo y la Intervención en Ciencias Experimentales. España. Revista Galego-Portuguesa de psicología y educación No. 6 Vol. 8. Año 6.
- [15] Modelos Pedagógicos (1999) Universidad Autónoma de Colombia, postgrado informática para la Gestión Educativa. Bogotá.
- [16] Orientaciones pedagógicas y marco de la política educativa para ciencias (2011) Alcaldía mayor de Bogotá
- [17] Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998) Aprender y enseñar ciencias, Madrid, Morata.
- [18] Rubinstein, Jorge (2003) Enseñar Física. Colección Enseñar y Aprender. Argentina: Lugar Editorial.
- [19] Ruiz O, Francisco Javier (2007) Modelos Didácticos Para la Enseñanza de las Ciencias Naturales. Colombia: Universidad de Caldas.
- [20] Segura, Dino de Jesús (1993) La Enseñanza de la Física Dificultades y Perspectivas. Colombia: fondo editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- [21] Simon y Schuster (1987) The World of Physics: A small Library of the Literature of Physics from Antiquity to the Present, New York.
- [22] Soussan, Georges (2003) Enseñar las Ciencias Experimentales, Didáctica y Formación. Chile: Oficina Regional de Educación Para América Latina y del Caribe.
- [23] Tejada F, José (2006) La educación en el marco de una sociedad global: algunos principios y nuevas exigencias. Revista de currículo y Formación del Profesorado. Universidad Autónoma de Barcelona, No. 1, 13-26.
- [24] Vallejo-Nágera, Alejandra (2005) Ciencia Mágica. Experimentos Asombrosos Para Genios Curiosos. Colombia
- [25] VanCleave, Janice (2004) Enseña la Ciencia de Forma Divertida. México: Limusa-Wiley.
- [26] Zuluaga, O.L. (1999) El pasado presente de la pedagogía y la didáctica. Bogotá, temas de acreditación1. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas".